



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA**

**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“DISEÑO DE ESTUDIO DE INGENIERIA DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA E  
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRUEBAS PARA EL GOBIERNO MUNICIPAL DE COLTA,  
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE WDS”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del título de**

**INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMPUTACION**

**Presentado por:**

**ROBERTO JOHNNY RODRIGUEZ SALAZAR**

**FAUSTO SAGÑAY CUNDURI**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2010**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la sabiduría y a mi familia por el apoyo incondicional que siempre me han brindado para seguir adelante y cumplir mis metas.

Roberto Rodríguez S.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi familia en especial a mi  
abuelita que me ha apoyado en toda mi carrera e  
hizo posible llegar hasta el final.

Roberto Rodríguez S.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi Agradecimiento es para Dios, por ser la razón de mi existir, sin el nada sería posible ya que él es vida y ciencia.

Agradezco por toda la eternidad a mis padres, hermanos y abuelitos por su ayuda y entrega incondicional para mi vida.

Un especial agradecimiento para Natali T. por haber prestado ayuda y colaboración para la culminación de este proyecto.

Extendiendo un agradecimiento al Ing. Alberto Arellano por su paciencia y dedicación con sus enseñanzas impartidas en el desarrollo y entrega de este trabajo.

*Fausto Sagñay C.*

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y abuelitos, su apoyo y confianza que me fueron fundamentales para la culminación de este ciclo de estudios, el esfuerzo en educarme es la mejor recompensa que pudieron darme, a más de ser profesional, me enseñaron a ser humano.

*Fausto Sagñay C.*

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

**ING. IVAN MENES  
DECANO FACULTA  
INFORMATICA ELECTRONICA**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ING. JOSE GUERRA  
DIRECTOR ESCUELA  
INGENIERIA ELECTRONICA  
EN TELECOMUNICACIONES Y REDES**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ING. ALBERTO ARRELLANO  
DIRECTOR DE LA TESIS**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ING. HUGO MORENO  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**SR. CARLOS RODRIGUEZ  
DIRECTOR CENTRO DE  
DOCUMENTACION**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**NOTA DE LA TESIS**

\_\_\_\_\_

*“Nosotros Roberto Rodríguez y Fausto Sagñay, somos responsables de las ideas, investigaciones y resultados expuestos en esta tesis y el patrimonio intelectual de la tesis de grado perteneciente a la ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA Y COMPUTACION de la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO”.*

---

**Sr. Roberto Rodríguez S.**

---

**Sr. Fausto Sagñay C**

# INDICE GENERAL

TEMAS	#PAG.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
CAPITULO I	
1 GENERALIDADES .....	16
1. 1. ANTECEDENTES .....	16
1. 2. JUSTIFICACIÓN.....	18
1. 3. OBJETIVOS. ....	19
1. 3. 1 OBJETIVOS GENERALES .....	19
1. 3. 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
1. 4 HIPÓTESIS .....	19
CAPITULO II	
2 REDES INALÁMBRICAS.....	20
2.1 CATEGORÍAS DE REDES INALÁMBRICAS.....	22
2.1.1 Redes inalámbricas de área personal (WPAN).....	23
2.1.2 Redes de área local inalámbricas (WLAN).....	24
2.1.3 Redes inalámbricas de área metropolitana (WNAM) .....	25
2.1.4 Redes inalámbricas de área extensa (WWAN).....	25
2.2 PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS DE RADIO (802.11) .....	28
2.2.1 Absorción de ondas de radio .....	28
2.2.2 Reflexión de ondas de radio.....	30
2.2.3 Las propiedades de los medios. ....	31
2.3 RADIOENLACES.....	31
2.3.1 Infrarrojos.....	32
2.3.2 Radio UHF.....	33



2.3.3 Sistemas de Onda Corta. ....	33
2.3.4 Enlaces de microondas terrestres. ....	34
2.3.5 Enlaces vía satélite. ....	34
2.4 PRESUPUESTO DE POTENCIA DEL ENLACE. ....	34
2.4.1 Los elementos del presupuesto de enlace. ....	34
2.5 TRANSMISOR. ....	35
2.5.1 Potencia de Transmisión (Tx) ....	35
2.5.2 Pérdida en el cable ....	36
2.5.3 Pérdidas en los conectores ....	37
2.5.4 Amplificadores ....	38
2.5.5 Ganancia de antena ....	39
2.6 PÉRDIDAS DE PROPAGACIÓN. ....	39
2.6.1 Zona de Fresnel ....	41
2.7 LADO RECEPTOR. ....	43
2.8 RADIO MOBILE ....	44
2.8.1 Diseñando con Radio Mobile. ....	45
2.9 WDS. ....	46

## CAPITULO III

<b>3 DISEÑO DE LA RED. ....</b>	<b>52</b>
3.1 INTRODUCCIÓN. ....	52
3.2 CONDICIONES GEOGRÁFICAS, SOCIALES Y ECONÓMICAS. ....	52
3.2.1 Geografía del terreno. ....	52
3.2.2 Los pobladores del Cantón Colta. ....	53
3.2.3 La economía del Cantón Colta. ....	53
3.3 RADIOFRECUENCIA EN EL CANTÓN COLTA. ....	53
3.4 PROPUESTA DE RED INALÁMBRICA ....	54
3.4.1 Topología y descripción de la red. ....	54
3.4.2 Diseño de los Radio Enlaces ....	56
3.4.2.1 Ubicación Geográfica detallada de las principales Entidades a interconectarse de la Parroquia Villa la Unión. ....	56

3.4.2.2	Ubicación Geográfica detallada de las principales Entidades a interconectarse de la Parroquia Santiago de Quito .....	66
3.4.2.3	Ubicación Geográfica detallada de las principales Entidades a interconectarse de la Parroquia Juan de Velasco .....	68
3.4.2.4	Ubicación Geográfica detallada de las principales Entidades a interconectarse de la Parroquia Columbe.....	71
3.4.3	Interconexión entre parroquias del Canto Colta. ....	75
3.5	EQUIPO SELECCIONADO PARA EL DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA .....	77
3.6	ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LA RED .....	85
3.6.1	Costos De Equipos Y Accesorios.....	85
3.7	COSTO TOTAL DEL PROYECTO.....	87
3.8	REQUISITOS PARA OBTENER EL PERMISO PARA LA EXPLOTACIÓN DE REDES PRIVADAS .....	88
3.9	INSTALACIÓN DE LA PRIMERA ETAPA .....	88
3.9.1	Diseño de los Radio Enlaces .....	88
3.9.2	Determinación de los Parámetros de Desempeño de los Radioenlaces. ....	92
3.9.3	Perfiles Topográficos de los Radioenlaces. ....	92
3.9.4	Costo de Instalación Primera Etapa. ....	96
3.9.5	Proceso de Instalación de equipos y torres. ....	96

## **CAPITULO IV**

<b>4</b>	<b>DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....</b>	<b>103</b>
4.1	EXPERIMENTOS DE RENDIMIENTO. ....	104
4.1.1	Hipótesis Preliminar .....	104
4.1.2	Definición Del Escenario Para Ejecución De Experimentos .....	105
4.2	CONDICIONES AMBIENTALES.....	107
4.2.1	Variables Dependientes .....	107
4.2.2	Variables Independientes.....	108
4.3	HIPÓTESIS DEFINITIVAS.....	114
4.3	REALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	115
4.3.1	Procedimiento para Ejecutar Ping.....	116
4.3.2	Interconexión inalámbrica de VOIP .....	117
4.3.3	Interconexión inalámbrica de Servicio de Correo .....	118

4.3.4	Interconexión inalámbrica de Servicio de Internet.....	119
4.4	CUADRO DE RESUMEN.....	120
4.5	ÁREA DE COBERTURA.....	120
4.6	SEGURIDAD .....	121

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **RESUMEN**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## INDICE DE FIGURAS

Figura II.01: Categorías de redes inalámbricas .....	22
Figura II.02: Atenuación de la señal .....	29
Figura II.03: Reflexiones de una onda de radio.....	29
Figura II.04: Multiruta .....	30
Figura II.05: Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor. ....	35
Figura II.06: Señal y Ruido con y sin amplificar. ....	39
Figura II.07: Pérdida en dB en función de la distancia en metros. ....	40
Figura II.08: Zona de Fresnel .....	42
Figura II.09: Perfil de trayecto de radio. ....	45
Figura II.10: Ejemplo de WDS.....	47
Figura II.11: Enrutado IP.....	50
Figura II.12: Interconexión de dos LAN a través de wireless. ....	50
Figura II.13: Envío de paquetes entre A y B a través del WDS.....	50
Figura III.14: Red Troncal de las Parroquias de Colta.....	55
Figura III.15: Red Local de la Parroquia Juan de Velasco Canton Colta. ....	55
Figura III.16: Esquema de Determinación del Desempeño del enlace. ....	57
Figura III.17: Mapa topográfico de las ubicaciones de las Dependencias a Interconectar de la parroquia Villa la Unión. ....	65
Figura III.18: Mapa topográfico de las ubicaciones de las Dependencias a Interconectar de la parroquia Santiago de Quito.....	68
Figura III.19: Mapa topográfico de las ubicaciones de las Dependencias a Interconectar de la parroquia Juan de Velasco. ....	71
Figura III.20: Mapa topográfico de las ubicaciones de las Dependencias a Interconectar de la parroquia Columbe. ....	73
Figura III.21: Fotografía de los Exteriores del Gobierno Municipal de Colta – Villa la Unión .....	75
Figura III.22: Mapa topográfico de las ubicaciones de las diferentes estaciones a Interconectar las parroquias de Colta.....	76
Figura III.23: ISPAIR Multi-band Base Station 500 Series.....	78
Figura III.24: ISPAIR ISPAIR 54Mb CPE 500 Series. ....	78
Figura III.25: LOBOMETRICS 954R. ....	79
Figura III.26: Ubiquiti Nanostation5 Ap / Cpe 250mw 14dbi Router Antena. ....	80
Figura III.27: ROCKET M5. ....	81
Figura III.28: Engenius EOC-5610. ....	82
Figura III.32: Perfil Topográfico Cerro Cullca – Municipio de Colta. ....	93
Figura III.33: Perfil Topográfico Cerro Cullca – Colta Monjas Alto.....	93
Figura III.34: Perfil Topográfico Cerro Cullca – Gatazo Zambrano.....	94
Figura III.36: Red inalámbrica a implementarse para el Gobierno Municipal de Colta (Fase I). ....	95
Figura III.38: Equipos instalados en la torre.....	97
Figura III.39: Estación base MicroMax, Antena FlexNet, Caja estanca. ....	97

Figura III.42: Antena de transmisión de servicio de internet desde el Municipio de Colta – Villa la Unión. ....	98
Figura III.43: Escuela Fiscal Dr. Amable Rosero León.....	99
Figura III.44: Antena 19 dBi, Mástil con peldaños, CPE ProST, en Gatazo Zambrano. ....	99
Figura III.45: Equipamiento de energía, router inalámbrico a una altura de 2.50 m del piso, en Gatazo Zambrano.....	99
Figura III.46: Laboratorio de computación de la escuela Fiscal Dr. Amable Rosero León en Gatazo Zambrano.....	100
Figura III.47: Mástil con peldaños, CPE ProST en Gatazo Chico. ....	100
Figura III.48: Equipamiento de energía, router inalámbrico a una altura de 2.30 m en Gatazo Chico.....	100
Figura III.49: Laboratorio de computación del Colegio Nacional 15 de Agosto en Gatazo Chico. ....	101
Figura IV.53: Nanostation 2.....	106
Figura IV.54: Enlace entre el Nodo Olivos y Nodo Montalvo.....	109
Figura IV.55: Enlace entre el Nodo Merced y Nodo Montalvo. ....	110
Figura IV.56: Estructura Lógica de la red (Utilizando Enrutamiento). ....	112
Figura IV.57: Realizando ping hacia el servidor de internet. ....	116
Figura IV.58: Realizando ping hacia el servidor Elastix. ....	116
Figura IV.59: Realizando una llamada VOIP con el Software SoftPhone. ....	117
Figura IV.62: WLAN Throughput de Servicio de Internet.....	119
Figura IV.63: Ubicación de los Access Point WDS en el Mapa de la Ciudad de Riobamba .....	122

## INDICE DE TABLAS

TABLA Nº II. I: Tabla de Materiales .....	31
TABLA Nº II.II: Ejemplo de (pico) de potencia de transmisión de una tarjeta inalámbrica IEEE 802,11a/b.....	36
TABLA Nº II.III: Valores típicos de pérdida en los cables para 2,4GHz. ....	37
TABLA Nº II.IV: Pérdidas en Espacio Abierto en dB para diferentes distancias y frecuencias. .	41
TABLA Nº II.V: Radio [m] para la primera zona de Fresnel. ....	43
TABLA Nº II.VI: Valores de sensibilidad del receptor de las tarjetas de red inalámbrica.....	44
TABLA Nº III.VII: Coordenadas geográficas de los puntos a interconectar. ....	56
TABLA Nº III.VIII: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro Cullca. ....	57
TABLA Nº III.IX: Coeficientes $k$ y $\alpha$ para distintos valores de frecuencia y polarización. ....	60
TABLA Nº III.X: Parámetros teóricos calculados para el desempeño de los radioenlaces de la Parroquia Villa la Unión. ....	64
TABLA Nº III.XI: Coordenadas geográficas de los puntos a interconectar. ....	66
TABLA Nº III.XII: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro Sindipamba.....	66
TABLA Nº III.XIII: Parámetros teóricos calculados para el desempeño de los radioenlaces de la Parroquia Santiago de Quito.....	67
TABLA Nº III.XIV: Coordenadas geográficas de los puntos a interconectar al Cerro Pinipala...	69
TABLA Nº III.XV: Coordenadas geográficas de los puntos a interconectar al Cerro Tepeyac. ..	69
TABLA Nº III.XVI: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro Pinipala.....	69
TABLA Nº III.XVII: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro Tepeyac. ....	69
TABLA Nº III.XVIII: Parámetros teóricos calculados para el desempeño de los radioenlaces de la Parroquia Juan de Velasco Estación Cerro Pinipala. ....	70
TABLA Nº III.XIX: Parámetros teóricos calculados para el desempeño de los radioenlaces de la Parroquia Juan de Velasco Estación Cerro Tepeyac. ....	70
TABLA Nº III.XX: Coordenadas geográficas de los puntos a interconectar al Cerro Santo Tomas. ....	72
TABLA Nº III.XXI: Coordenadas geográficas de los puntos a interconectar al Cerro San Guisel Alto.....	72
TABLA Nº III.XXII: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro Santo Tomas. ....	72
TABLA Nº III.XXIII: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro San Guisel Alto.....	72
TABLA Nº III.XXIV: Parámetros teóricos calculados para el desempeño de los radioenlaces de la Parroquia Juan Columbe Estación Cerro Santo Tomas. ....	74
TABLA Nº III.XXV: Parámetros teóricos calculados para el desempeño de los radioenlaces de la Parroquia Juan Columbe Estación Cerro San Guisel. ....	74
TABLA Nº III.XXVI: Distancia entre Estaciones para los Repetidores a interconectar entre parroquias. ....	75
TABLA Nº III.XXVII: Parámetros del ISPAIR ISP-BS500AGUHP.....	78
TABLA Nº III.XXVIII: Parámetros del ISPAIR ISP-BS500AGUHP.....	79
TABLA Nº III.XXIX: Parámetros del LOBOMETRICS 954R.....	80

TABLA Nº	III.XXX: Especificaciones Técnicas Ubiquiti Nanostation5.....	81
TABLA Nº	III.XXXI: Especificaciones Técnicas ROCKET M5. ....	82
TABLA Nº	III.XXXII: Especificaciones Técnicas Engenius EOC-510.....	83
TABLA Nº	III.XXXIII: Características de las Estaciones Bases. ....	84
TABLA Nº	III.XXXIV: Características de los Clientes o Suscriptores. ....	84
TABLA Nº	III.XXXV: Costos de la Familia ISPAIR.....	86
TABLA Nº	III.XXXVI: Costos de la Familia LoboMetrics y NanoSation. ....	86
TABLA Nº	III.XXXVII: Cotización de equipos. ....	87
TABLA Nº	III.XXXVIII: Cotización de Montaje, calibración, programación de equipos.....	87
TABLA Nº	III.XXXIX: Costo Total de inversión. ....	88
TABLA Nº	III.XL: Posiciones Geográficas (Fase I). ....	89
TABLA Nº	III.XLI: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro Cullca(Fase I). ....	90
TABLA Nº	III.XLII: Parámetros calculados para el desempeño de los radioenlaces (Fase I).....	91
TABLA Nº	III.XLIII: Costos de la Instalación y Operación de la Fase I. ....	96
TABLA Nº	IV.XLIV: Característica del 802.11g. ....	105
TABLA Nº	IV.XLV: Ubicación del Nodo Olivos y Nodo Montalvo.....	110
TABLA Nº	IV.XLVI: Ubicación del Nodo Merced y Nodo Montalvo. ....	110
TABLA Nº	IV.XLVII: Configuración IP caso 1.....	113
TABLA Nº	IV.XLVIII: Configuración IP caso 2.....	113
TABLA Nº	IV.XLIX: Variables Independientes experimento 1.....	115
TABLA Nº	IV.L: Cuadro Comparativo de Servicio de VOIP.....	120
TABLA Nº	IV.LI: Cuadro Comparativo de Servicio de Email.....	120
TABLA Nº	IV.LII: Cuadro Comparativo de Servicio de Internet. ....	120

# **CAPITULO I**

## **1 GENERALIDADES**

### **1. 1. ANTECEDENTES**

Colta es un cantón de la Provincia de Chimborazo en el Ecuador. Se sitúa en una altitud promedio de 3.212 msnm. La temperatura media es de 12 °C. Su proximidad a la ciudad de Riobamba, está a solo 18 km, hace de ella una ciudad turística importante.

La ciudad de Colta, sede administrativa del cantón homónimo son originarios personajes importantes en la historia del Ecuador, se destacan entre ellos: Condorazo, Duchicela, el sabio Pedro Vicente Maldonado, Juan de Velasco, Isabel de Godín, Magdalena Dávalos.



En la villa la unión, capital del cantón Colta a los 2 días del mes de agosto de 1984 se crea el Gobierno Municipal de Colta escrita en el artículo quinto del decreto ejecutivo del 7 de junio de 1984.

En el Cantón Colta existen falencias de comunicaciones inalámbricas, ya sea para el uso de Internet, en este momento la empresa ERPE ha estado dando servicio social de internet a algunas comunidades por intercambio agrícola, como es la quínoa y cebada, en estos lugares no han podido aprovechar de este servicio ya sea por falta de capacitación o por temor a su uso. Por otro lado las empresas de telecomunicaciones como PORTA, ALEGRO, MOVISTAR, están brindando sus servicios telefónicos móviles en la mayoría de los puntos geográficos pero falta llegar algunas comunidades, estos sitios están completamente aislados al uso de nuevas tecnologías como teléfonos fijos, móviles, Internet. El alcalde anterior Dr. Pedro Curichumbi con gestión con el presidente de la República del Ecuador Ec. Rafael Correa donaron alrededor de 720 computadoras en diferentes establecimientos educativos del Cantón Colta, Actualmente el alcalde Ing. Hermel Tayupanda a promovido llegar con el servicio de internet a los diferentes establecimientos educativos, comunidades ubicadas en distintas parroquias como Cajabamba, Sicalpa, Santiago de Quito, Columbe, Juan de Velasco para el mejoramiento de la educación, ya que este Cantón sufre de muchas necesidades y la pobreza económica es notoria.

## **1. 2. JUSTIFICACIÓN**

En vista que el cantón Colta no cuenta con servicios de comunicación inalámbrica en diferentes puntos geográficos como escuelas, colegios, comunidades, pero cuentan con 720 equipos de cómputo, el Gobierno Municipal de Colta ha promovido gestionar el comienzo de los estudios e implementaciones de nuevas tecnologías existentes en el mercado actual de las comunicaciones inalámbricas para cubrir necesidades como internet, y dejar las puertas abiertas para futuros proyectos como puede ser la Telefonía IP, Video Conferencias remotas.

Para este proyecto se ha visto que la mejor tecnología que se puede usar para la comunicación en estos puntos geográficos es usar el Protocolo WDS, que lo que permite básicamente es la interconexión de varios AP's que actuarían en "modo repetidor" de la señal entre ellos y también la comunicación con estaciones inalámbricas.

### **1. 3. OBJETIVOS.**

#### **1. 3. 1 OBJETIVOS GENERALES**

Diseño De Estudio De Ingeniería De Comunicación Inalámbrica E Implementación De Un Sistema De Pruebas Para El Gobierno Municipal De Colta, Mediante La Aplicación WDS.

#### **1. 3. 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudiar de la tecnología Wireless Distribution System (WDS).
- Realizar el estudio de Ingeniería para la intercomunicación entre diferentes puntos geográficos de Colta.
- Realizar la simulación de la red a implementarse para determinar su factibilidad.
- Implementar un sistema de pruebas para brindar el servicio de Internet y futuras aplicaciones como Telefonía IP y Video Conferencias en los puntos geográficos como Cajabamba, Gatazo, Colta Monjas.

### **1. 4 HIPÓTESIS**

Con el diseño de la infraestructura de comunicación inalámbrica para el Gobierno Municipal de Colta mediante la aplicación de Wireless Distribution System, se demostrara la factibilidad técnica de servicios de interconexión con el municipio.

## **CAPITULO II**

### **2 REDES INALÁMBRICAS**

Una red inalámbrica es, como su nombre lo indica, una red en la que dos o más terminales (por ejemplo, computadores portátiles, agendas electrónicas, etc.) se pueden comunicar sin la necesidad de una conexión por cable.

Con las redes inalámbricas, un usuario puede mantenerse conectado cuando se desplaza dentro de una determinada área geográfica. Por esta razón, a veces se utiliza el término "movilidad" cuando se trata este tema.

Las redes inalámbricas se basan en un enlace que utiliza ondas electromagnéticas (radio e infrarrojo) en lugar de cableado estándar. Hay muchas tecnologías diferentes

que se diferencian por la frecuencia de transmisión que utilizan, y el alcance y la velocidad de sus transmisiones.

Las redes inalámbricas permiten que los dispositivos remotos se conecten sin dificultad, ya se encuentren a unos metros de distancia como a varios kilómetros. Asimismo, la instalación de estas redes no requiere de ningún cambio significativo en la infraestructura existente como pasa con las redes cableadas. Tampoco hay necesidad de agujerear las paredes para pasar cables ni de instalar porta cables o conectores. Esto ha hecho que el uso de esta tecnología se extienda con rapidez.

Por el otro lado, existen algunas cuestiones relacionadas con la regulación legal del espectro electromagnético. Las ondas electromagnéticas se transmiten a través de muchos dispositivos (de uso militar, científico y de aficionados), pero son propensos a las interferencias. Por esta razón, todos los países necesitan regulaciones que definan los rangos de frecuencia y la potencia de transmisión que se permite a cada categoría de uso.

Además, las ondas hertzianas no se confinan fácilmente a una superficie geográfica restringida. Por este motivo, un hacker puede, con facilidad, escuchar una red si los datos que se transmiten no están codificados. Por lo tanto, se deben tomar medidas para garantizar la privacidad de los datos que se transmiten a través de redes inalámbricas.

Entre algunas de las ventajas que proporcionan los sistemas radioeléctricos, se puede mencionar las siguientes:

- La capacidad de cruzar zonas de agua, tales como ríos o lagos, en donde una instalación con cable requeriría de un trato especial para prevenir las filtraciones sobre los conductores de cobre.
- La capacidad de vencer obstáculos en la transmisión causados por la presencia de montañas y valles, donde los costos de la instalación de cable serían demasiado elevados y difíciles de mantener.
- La capacidad de evitar la interconexión al proveedor de telefonía local. Una conexión privada para evitar la ocupación de la central del operador local, puede evitar los elevados costos de alquiler, mediante un sistema de radio privado ya sea éste propio o arrendado.

## 2.1 CATEGORÍAS DE REDES INALÁMBRICAS

Por lo general, las redes inalámbricas se clasifican en varias categorías, de acuerdo al área geográfica desde la que el usuario se conecta a la red (denominada área de cobertura), ver Figura II.01:

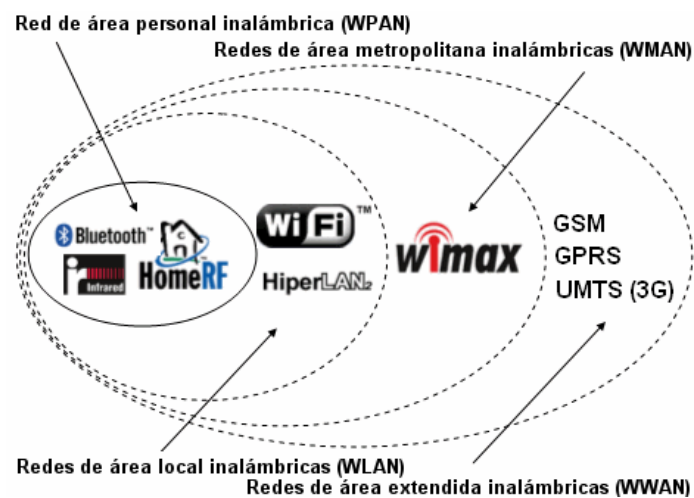


Figura II.01: Categorías de redes inalámbricas

### **2.1.1 Redes inalámbricas de área personal (WPAN)**

Una red inalámbrica de área personal (WPAN) incluye redes inalámbricas de corto alcance que abarcan un área de algunas decenas de metros. Este tipo de red se usa generalmente para conectar dispositivos periféricos (por ejemplo, impresoras, teléfonos móviles y electrodomésticos) o un asistente personal digital (PDA) a un ordenador sin conexión por cables. También se pueden conectar de forma inalámbrica dos ordenadores cercanos. Se usan varios tipos de tecnología para las WPAN:

La tecnología principal WPAN es Bluetooth, lanzado por Ericsson en 1994. Ofrece una velocidad máxima de 1 Mbps con un alcance máximo de unos treinta metros. La tecnología Bluetooth, también conocida como IEEE 802.15.1, tiene la ventaja de tener un bajo consumo de energía, algo que resulta ideal para usarla en periféricos de pequeño tamaño.

Home RF (Home Radio Frequency), lanzada en 1998 por Home RF Working Group (que incluye a los fabricantes Compaq, HP, Intel, Siemens, Motorola y Microsoft, entre otros) ofrece una velocidad máxima de 10 Mbps con un alcance de 50 a 100 metros sin amplificador. A pesar de estar respaldado por Intel, el estándar Home RF se abandonó en enero de 2003, en gran medida porque los fabricantes de procesadores empezaron a usar la tecnología Wi-Fi en placa (por medio de la tecnología Centrino, que incluía un microprocesador y un adaptador Wi-Fi en un solo componente).

La tecnología Zigbee (también conocida como IEEE 802.15.4) también se puede utilizar para conectar dispositivos en forma inalámbrica a un coste muy bajo y con bajo consumo de energía. Resulta particularmente adecuada porque se integra

directamente en pequeños aparatos electrónicos (como, por ejemplo, electrodomésticos, sistemas estéreos y juguetes). Zigbee funciona en la banda de frecuencia de 2,4 GHz y en 16 canales, y puede alcanzar una velocidad de transferencia de hasta 250 Kbps con un alcance máximo de unos 100 metros.

Por último, las conexiones infrarrojas se pueden utilizar para crear conexiones inalámbricas en un radio de unos pocos metros, con velocidades que puedan alcanzar unos pocos megabits por segundo. Esta tecnología se usa ampliamente en aparatos electrónicos del hogar (como los controles remotos), pero puede sufrir interferencias debidas a las ondas de luz. La IrDA (Infrared Data Association), creada en 1995, tiene más de 150 miembros.

### **2.1.2 Redes de área local inalámbricas (WLAN)**

Una red de área local inalámbrica (WLAN) es una red que cubre un área equivalente a la red local de una empresa, con un alcance aproximado de cien metros. Permite que las terminales que se encuentran dentro del área de cobertura puedan conectarse entre sí. Existen varios tipos de tecnologías:

Wifi (o IEEE 802.11) con el respaldo de WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) ofrece una velocidad máxima de 54 Mbps en una distancia de varios cientos de metros.

hiperLAN2 (High Performance Radio LAN 2.0), estándar europeo desarrollado por ETSI (European Telecommunications Standards Institute). HiperLAN 2 permite a los usuarios alcanzar una velocidad máxima de 54 Mbps en un área aproximada de cien metros, y transmite dentro del rango de frecuencias de 5150 y 5300 MHz.



### **2.1.3 Redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN)**

Las redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN) también se conocen como bucle local inalámbrico (WLL, Wireless Local Loop). Las WMAN se basan en el estándar IEEE 802.16. Los bucles locales inalámbricos ofrecen una velocidad total efectiva de 1 a 10 Mbps, con un alcance de 4 a 10 kilómetros, algo muy útil para compañías de telecomunicaciones.

La mejor red inalámbrica de área metropolitana es WiMAX, que puede alcanzar una velocidad aproximada de 70 Mbps en un radio de varios kilómetros.

### **2.1.4 Redes inalámbricas de área extensa (WWAN)**

Las redes inalámbricas de área extensa (WWAN) tienen el alcance más amplio de todas las redes inalámbricas. Por esta razón, todos los teléfonos móviles están conectados a una red inalámbrica de área extensa. Las tecnologías principales son:

- GSM (Global System for Mobile Communication)
- GPRS (General Packet Radio Service)
- UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)

#### **2.1.4.1 GSM (Global System for Mobile Communication)**

El Sistema Global para las Comunicaciones Móviles es un sistema estándar, completamente definido, para la comunicación mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital. Por ser digital cualquier cliente de GSM puede conectarse a través de su teléfono con su computador y puede hacer, enviar y recibir mensajes por e-mail, faxes, navegar por Internet, acceso seguro a la red informática de

una compañía (LAN/Intranet), así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el Servicio de Mensajes Cortos (SMS) o mensajes de texto.

GSM se considera, por su velocidad de transmisión y otras características, un estándar de segunda generación (2G). Su extensión a 3G se denomina UMTS y difiere en su mayor velocidad de transmisión, el uso de una arquitectura de red ligeramente distinta y sobre todo en el empleo de diferentes protocolos de radio (W-CDMA).

#### **2.1.4.2 GPRS (General Packet Radio Service)**

GPRS son las siglas de General Packet Radio Service, o Servicio General de Radio por Paquetes. Este sistema se integra en la estructura de la red GSM mejorándola e incrementando la transmisión de 64 a 115 kilobits por segundo, entre 5 y 11 veces superior a la de WAP (Wireless Application Protocol). GPRS elimina el coste por conexión, facturándose por volumen de información. En una primera fase, la velocidad sólo llega a los 50 kilobits, mientras que la capacidad del terminal es de 20 kilobits por hora.

Esta nueva tecnología permite desdoblarse la transmisión de voz y datos en diferentes canales que transmiten de forma paralela, permitiendo mantener conversaciones sin cortar la transmisión de datos. Cuando se trata de datos se establece una comunicación permanente mientras el terminal está conectado, lo que permite la transmisión continua de la información a mayor velocidad. La información viaja por paquetes en lugar de circuitos conmutados como sucede en GSM, donde la voz se envía por un canal siempre abierto. En GPRS se puede elegir entre varios canales, de forma similar a como se realiza en Internet. El aumento de la velocidad se produce porque los datos se

comprimen y se envían a intervalos regulares, llamado conmutación por paquetes, lo que aprovecha mejor la banda de frecuencia.

#### **2.1.4.3 UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).**

UMTS son las siglas de Universal Mobile Telecommunication System o Sistema Universal de Comunicaciones Móviles. UMTS es un sistema de comunicaciones móviles de “tercera generación” de UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

UMTS es una nueva tecnología de comunicaciones por radio que creará un “canal de bits” para ofrecer acceso móvil a servicios basados en Internet. Potenciará y ampliará la movilidad en muchas áreas. En un futuro próximo, la movilidad se convertirá en un aspecto fundamental de muchos servicios. Exigiremos servicios de alta velocidad a Internet, al ocio, a la información y al comercio electrónico estemos donde estemos, no solo desde nuestro ordenador de sobremesa, desde casa o desde el televisor.

Los sistemas de telefonía móvil son diversos e incompatibles entre sí, como suele ocurrir en muchos otros ámbitos de la tecnología. El estándar UMTS es un intento de terminar con esta situación. En este momento en EEUU conviven sistemas obsoletos, como las distintas variantes de telefonía analógica.

El sistema GSM permite disponer de servicios avanzados, como desvío de llamadas, llamada en espera, mensajes, y sobre todo, roaming (cambio de red entre distintos países y operadores) y transmisión de datos, aunque a ridícula velocidad de 9600 bps. Además de la saturación, UMTS debe solucionar las necesidades de los usuarios, para los que las prestaciones de GSM ya no son suficientes.

## **2.2 PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS DE RADIO (802.11)**

Para instalar una red inalámbrica y, en particular, ubicar los puntos de acceso a fin de obtener el máximo alcance posible, se deben conocer algunos datos con respecto a la propagación de las ondas de radio.

Las ondas de radio (se abrevia RF por Radio Frequency) se propagan en línea recta en varias direcciones al mismo tiempo. En vacío, las ondas de radio se propagan a 3,108 m/s.

En cualquier otro medio, la señal se vuelve más débil debido a:

- la reflexión
- la refracción
- la difracción
- la absorción

### **2.2.1 Absorción de ondas de radio**

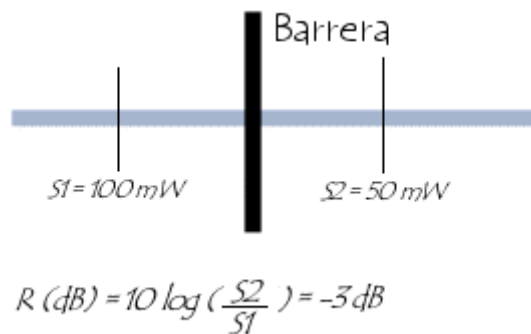
Cuando una onda de radio se topa con un obstáculo, parte de su energía se absorbe y se convierte en otro tipo de energía, mientras que otra parte se atenúa y sigue propagándose. Es posible que otra parte se refleje.

La atenuación se da cuando la energía de una señal se reduce en el momento de la transmisión. La atenuación se mide en belios (símbolo: B) y equivale al logaritmo de base 10 de la intensidad de salida de la transmisión, dividida por la intensidad de entrada. Por lo general, se suelen usar los decibelios (símbolo: dB) como unidad de

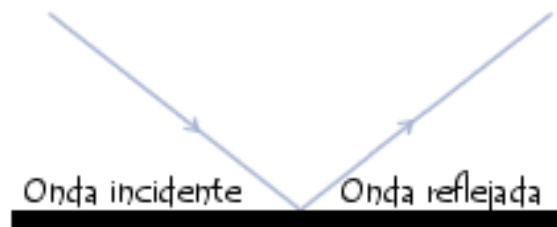
medida. Cada decibelio es un décimo de belio. Siendo un belio 10 decibelios, la fórmula sería:

$$R \text{ (dB)} = (10) * \log (P2/P1)$$

Cuando R es positivo, se denomina amplificación, y cuando es negativo se denomina atenuación. En los casos de transmisiones inalámbricas, la atenuación es más común, ver Figura II.02.



**Figura II.02: Atenuación de la señal**



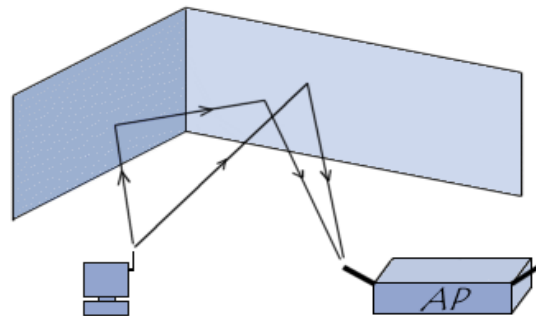
**Figura II.03: Reflexiones de una onda de radio**

La atenuación aumenta cuando sube la frecuencia o se aumenta la distancia. Asimismo, cuando la señal choca con un obstáculo, el valor de atenuación depende considerablemente del tipo de material del obstáculo. Los obstáculos metálicos tienden a reflejar una señal, en tanto que el agua la absorbe, ver Figura II.03.

### 2.2.2 Reflexión de ondas de radio

Cuando una onda de radio choca con un obstáculo, parte o la totalidad de la onda se refleja y se observa una pérdida de la intensidad. La reflexión es tal que el ángulo de incidencia equivale al ángulo de reflexión.

Por definición, una onda de radio es susceptible de propagarse en varias direcciones. Después de reflejarse varias veces, una señal de origen puede llegar a una estación o punto de acceso después de tomar muchas rutas diferentes (llamadas multirutas), ver Figura II.04.



**Figura II.04: Multiruta**

La diferencia temporal en la propagación (llamada retraso de propagación) entre dos señales que toman diferentes rutas puede interferir en la recepción, ya que los flujos de datos que se reciben se superponen entre sí.

Esta interferencia se incrementa a medida que aumenta la velocidad de transmisión, ya que los intervalos de recepción de los flujos de datos se hacen cada vez más cortos. Por lo tanto, la multiruta limita la velocidad de transmisión en redes inalámbricas.

Para superar este problema, las tarjetas Wi-Fi y los puntos de acceso usan dos antenas por emisor. Mediante un controlador automático de ganancia (AGC), que cambia inmediatamente de una antena a otra según la fuerza de la señal, el punto de acceso

puede distinguir dos señales que vienen de la misma estación. Se dice que las señales que reciben estas dos antenas no están correlacionadas (son independientes) si un hay una diferencia de  $\lambda/2$  (6,25 cm a 2,4 GHz).

### 2.2.3 Las propiedades de los medios.

El debilitamiento de la señal se debe en gran parte a las propiedades del medio que atraviesa la onda. La Tabla II.I siguiente muestra los niveles de atenuación para diferentes materiales:

**TABLA Nº II. I: Tabla de Materiales**

<b>Materiales</b>	<b>Grado de atenuación</b>	<b>Ejemplos</b>
Aire	Ninguno	Aire libre, patio interno
Madera	Bajo	Puerta, piso, medianera
Plástico	Bajo	Medianera
Vidrio	Bajo	Ventanas sin teñir
Vidrio teñido	Medio	Ventanas teñidas
Agua	Medio	Acuario, fuente
Seres vivientes	Medio	Multitud, animales, personas, plantas
Ladrillos	Medio	Paredes
Yeso	Medio	Medianeras
Cerámica	Alto	Tejas
Papel	Alto	Bobinas de papel
Concreto	Alto	Muros de carga, pisos, columnas
Vidrio a prueba de balas	Alto	Ventanas a prueba de balas
Metal	Muy alto	Concreto reforzado, espejos, armarios metálicos, cabina del ascensor

## 2.3 RADIOENLACES

Hoy en día los sistemas inalámbricos nos rodean por todas partes. A los ya habituales sistemas de telefonía móvil, se unen las redes de datos inalámbricas, la televisión

digital terrestre o los radioenlaces punto a punto. Para el correcto funcionamiento de estos sistemas resulta crucial un diseño adecuado del interfaz radioeléctrico. El diseño de radioenlaces es una disciplina que involucra toda una serie de cuestiones tales como la elección de la banda de frecuencias, el tipo de antenas y los equipos de radiocomunicación, el cálculo del balance de potencias, la estimación de los niveles de ruido e interferencia o el conocimiento de las distintas modalidades y fenómenos de propagación radioeléctrica, entre otras.

El medio de transmisión es el vacío, en su caso la atmósfera, para la transmisión se emplean ondas electromagnéticas con frecuencias adecuadas al medio y distancia de transmisión. Existen principalmente los siguientes tipos de radioenlaces:

- Infrarrojos.
- Radio UHF.
- Sistemas de onda corta.
- Enlaces de microondas terrestres.
- Enlaces vía satélite.

### **2.3.1 Infrarrojos.**

Los infrarrojos son ondas electromagnéticas que se propagan en línea recta, siendo susceptibles de ser interrumpidos por cuerpos opacos. Su uso no precisa de licencia administrativa y no se ven afectados por interferencias radioeléctricas externas, pudiéndose alcanzar distancias de hasta 200 metros entre cada emisor y receptor.

InfraLAN es una red basada en infrarrojos compatible con las redes Token Ring a 4



Mbps, pudiendo utilizarse independientemente o combinada con una red de área local convencional.

### **2.3.2 Radio UHF.**

Las redes basadas en equipos de radio UHF precisan para su instalación y uso una licencia administrativa. Tienen la ventaja de que la señal de radio que transporta la información no es interrumpida por la presencia de cuerpos opacos, pudiendo salvar obstáculos físicos gracias a su cualidad de difracción.

WaveLAN es una red inalámbrica que emplea la banda de frecuencias 902 a 928 MHz en Estados Unidos, aunque en Europa se ha solicitado la concesión de otras frecuencias, ya que esta banda está siendo utilizada por la telefonía móvil. Esta red funciona a 2 Mbps y tiene una cobertura de 335 metros. Puede utilizarse de forma independiente o conectada a una red Novell convencional (Arcnet, Token Ring o Ethernet).

### **2.3.3 Sistemas de Onda Corta.**

Trabajan con frecuencias de 3 a 30 MHz. Sus enlaces son poco fiables debido a su gran atenuación y vulnerabilidad a interferencias. Su ventaja radica en que se pueden emplear para cubrir grandes distancias con poca potencia de salida y que no precisan de visibilidad directa entre antenas para la propagación de las señales portadoras de la información. Esta propagación puede producirse en línea recta, adaptándose a la superficie terrestre o por rebotes en la ionosfera. Su uso en la transmisión de datos está actualmente limitado a circunstancias especiales, ya que su pequeña capacidad de transmisión las excluye de las grandes vías de comunicación.

### **2.3.4 Enlaces de microondas terrestres.**

Los enlaces de microondas terrestres usan antenas emisoras y receptoras que deben verse, son los más baratos de todos los medios de transmisión y más susceptibles a ruidos electromagnéticos. Son más lentos que las fibras ópticas pero más rápidas que el cable coaxial.

### **2.3.5 Enlaces vía satélite.**

Un enlace vía satélite es el que se usa satélites de comunicación actúa de repetidor de microondas situado en el cielo, pudiendo enviar y recibir información en bandas determinadas. Tiene problemas con la privacidad de los datos. Proporciona un ancho de banda inferior al de la fibra óptica aunque es más barato que ésta. Este enlace tiene capacidad de difusión, mientras que la fibra óptica es punto a punto.

## **2.4 PRESUPUESTO DE POTENCIA DEL ENLACE.**

Un presupuesto de potencia para un enlace punto a punto es el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor (fuente de la señal de radio), a través de cables, conectores y espacio libre hacia el receptor. La estimación del valor de potencia en diferentes partes del radioenlace es necesaria para hacer el mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado.

### **2.4.1 Los elementos del presupuesto de enlace**

Los elementos pueden ser divididos en 3 partes principales:

- El lado de Transmisión con potencia efectiva de transmisión.

- Pérdidas en la propagación.
- El lado de Recepción con efectiva sensibilidad receptiva (effective receiving sensibility).

Un presupuesto de radio enlace completo es simplemente la suma de todos los aportes (en decibeles) en el camino de las tres partes principales, ver Figura II.05.

Potencia del transmisor [dBm] – Pérdida en el cable TX [dB] + ganancia de antena TX [dBi] – Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto [dB] + ganancia de antena RX [dBi] – Pérdidas en el cable del RX [dB] = Margen – Sensibilidad del receptor [dBm].



Figura II.05: Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor.

## 2.5 TRANSMISOR

### 2.5.1 Potencia de Transmisión (Tx)

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En general, los radios con

mayor potencia de salida son más costosos. La potencia de transmisión del radio, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vendedor. Tenga en cuenta que las especificaciones técnicas le darán valores ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la tensión de alimentación. La potencia de transmisión típica en los equipos IEEE 802.11 varía entre 15 – 26 dBm (30 – 400 mW).

Por ejemplo, en la Tabla II.II, vemos la hoja de datos de una tarjeta IEEE 802,11a/b:

**TABLA Nº II.II: Ejemplo de (pico) de potencia de transmisión de una tarjeta inalámbrica IEEE 802,11a/b.**

Protocolo	Potencia pico [dBm]	Potencia pico [mW]
IEEE 802.11b	18	65
IEEE 802.11a	20	100

### 2.5.2 Pérdida en el cable

Las pérdidas en la señal de radio se pueden producir en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación y normalmente se miden en dB/m o dB/pies.

Independientemente de lo bueno que sea el cable, siempre tendrá pérdidas. Por eso, recuerde que el cable de la antena debe ser lo más corto posible. La pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m y 1 dB/m. En general, mientras más grueso y más rígido sea el cable menor atenuación presentará.

Para darle una idea de cuán grande puede ser la pérdida en un cable, considere que está usando un cable RG58 que tiene una pérdida de 1 dB/m, para conectar un transmisor con una antena. Usando 3 m de cable RG58 es suficiente para perder el 50% de la potencia (3 dB).

Las pérdidas en los cables dependen mucho de la frecuencia. Por eso al calcular la pérdida en el cable, asegúrese de usar los valores correctos para el rango de frecuencia usada. Controle la hoja de datos del distribuidor y si fuera posible, verifique las pérdidas tomando sus propias mediciones. Como regla general, puede tener el doble de pérdida en el cable [dB] para 5,4 GHz comparado con 2,4 GHz.

**TABLA Nº II.III: Valores típicos de pérdida en los cables para 2,4GHz.**

<b>Tipo de cable</b>	<b>Pérdida [db/100m]</b>
RG 58	ca 80-100
RG 213	ca 50
LMR-200	50
LMR-400	22
Aircom plus	22
LMR-600	14
Flexline de 1/2"	12
Flexline de 7/8"	6,6
C2FCP	21
Heliac de ½ "	12
Heliac de 7/8"	7

### **2.5.3 Pérdidas en los conectores**

Estime por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conector en su cableado. Estos valores son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal soldados DIY (Do It Yourse If) pueden implicar pérdidas mayores. Vea la hoja de datos para las pérdidas en su rango de frecuencia y el tipo de conector que usará.

Si se usan cables largos, la suma de las pérdidas en los conectores está incluida en una parte de la ecuación de "Pérdidas en los cables". Pero para estar seguro, siempre considere un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5 dB por conector como regla general.

Además, los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre las antenas y el radio debe ser presupuestado hasta con 1 dB de pérdida, dependiendo del tipo. Revise los valores suministrados por el fabricante (los de buena calidad sólo introducen 0,2 dB).

#### **2.5.4 Amplificadores**

Opcionalmente, se pueden usar amplificadores para compensar la pérdida en los cables o cuando no haya otra manera de cumplir con el presupuesto de potencia. En general, el uso de amplificadores debe ser la última opción. Una escogencia inteligente de las antenas y una alta sensibilidad del receptor son mejores que la fuerza bruta de amplificación.

Los amplificadores de alta calidad son costosos y uno económico empeora el espectro de frecuencia (ensanchamiento), lo que puede afectar los canales adyacentes. Todos los amplificadores añaden ruido extra a la señal, y los niveles de potencia resultantes pueden contravenir las normas legales de la región.

Técnicamente hablando, prácticamente no hay límites en la cantidad de potencia que puede agregar a través de un amplificador, pero nuevamente, tenga en cuenta que los amplificadores siempre elevan el ruido también.

En la Figura II.06 siguiente se puede observar el efecto del amplificador en la señal recibida. Obsérvese que se aumenta tanto el nivel de la señal como el del ruido. Además, se puede notar que la señal amplificada presenta mayores fluctuaciones de amplitud que la original, esto significa que la relación Señal/Ruido se ha deteriorado a consecuencia de la amplificación.

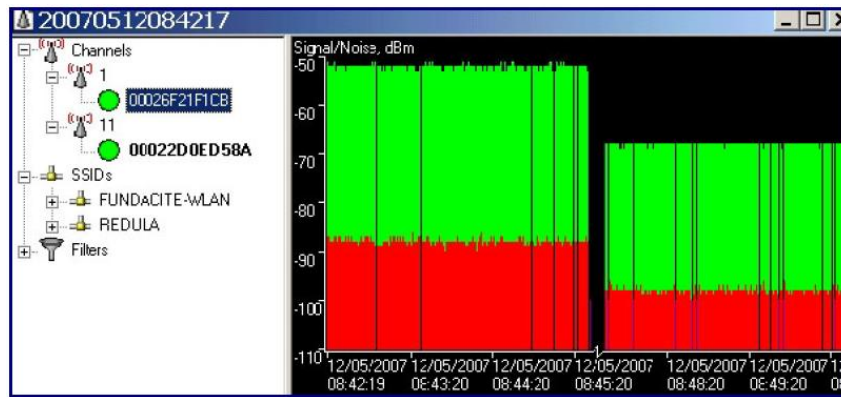


Figura II.06: Señal y Ruido con y sin amplificar.

### 2.5.5 Ganancia de antena

La ganancia de una antena típica varía entre 2 dBi (antena integrada simple) y 8 dBi (omnidireccional estándar) hasta 21 – 30 dBi (parabólica). Tenga en cuenta que hay muchos factores que disminuyen la ganancia real de una antena.

Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente relacionadas con una incorrecta instalación (pérdidas en la inclinación, en la polarización, objetos metálicos adyacentes). Esto significa que sólo puede esperar una ganancia completa de antena, si está instalada en forma óptima.

### 2.6 PÉRDIDAS DE PROPAGACIÓN.

Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando esta sale de la antena de transmisión hasta que llega a la antena receptora. Pérdidas en el espacio libre La mayor parte de la potencia de la señal de radio se perderá en el aire. Aún en el vacío, una onda de radio pierde energía (de acuerdo con los principios de Huygens) que se irradia en direcciones diferentes a la que puede capturar la antena receptora. Nótese que esto no tiene nada que ver con el aire, la niebla, la lluvia o cualquier otra cosa que puede adicionar pérdidas. La Pérdida en el Espacio libre (FSL), mide la potencia que se pierde en el mismo sin ninguna clase

de obstáculo. La señal de radio se debilita en el aire debido a la expansión dentro de una superficie esférica.

La Pérdida en el Espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia. Aplicando decibels, resulta la siguiente ecuación:

$$PEA \text{ (dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K$$

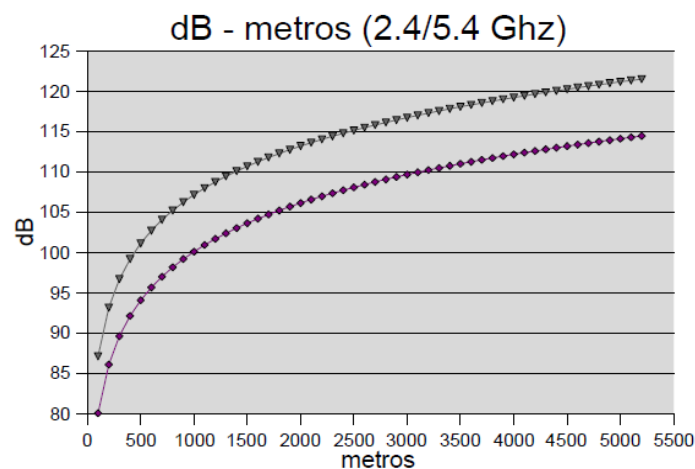
d = distancia

f = frecuencia

K = constante que depende de las unidades usadas en d y f

Si d se mide en metros, f en Hz y el enlace usa antenas isotrópicas, la fórmula es:

$$FSL \text{ (dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) - 187.5$$



**Figura II.07: Pérdida en dB en función de la distancia en metros.**

La Figura II.07 muestra la pérdida en dB para 2.4 GHz [ ] y 5.4 GHz [ ]. Se puede ver que después de 1,5 km, la pérdida se puede ver como “lineal” en dB.

Como regla general en una red inalámbrica a 2.4 GHz, 100 dB se pierden en el 1er kilómetro y la señal es reducida a 6 dB cada vez que la distancia se duplica. Esto implica



que un enlace de 2 km tiene una pérdida de 106 dB y a 4km tiene una pérdida de 112 dB, etc.

**TABLA Nº II.IV: Pérdidas en Espacio Abierto en dB para diferentes distancias y frecuencias.**

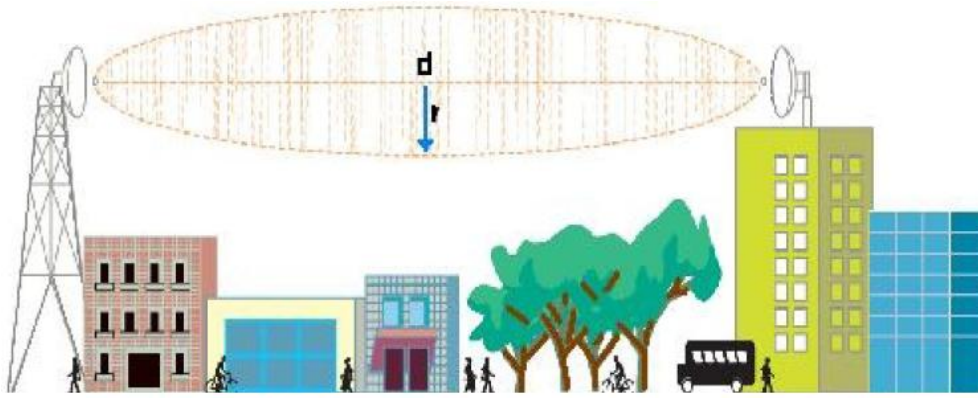
<i>Distancia [km]</i>	<i>915 MHz</i>	<i>2,4 GHz</i>	<i>5,8GHz</i>
1	92 dB	100 dB	108 dB
10	112 dB	120 dB	128 dB
100	132 dB	140 dB	148 dB

Estos valores son teóricos y pueden muy bien diferir de las mediciones tomadas, El término “espacio libre” no es siempre tan “libre”, y las pérdidas pueden ser muchas veces más grandes debido a las influencias del terreno y las condiciones climáticas. En particular, las reflexiones en cuerpos de agua o en objetos conductores pueden introducir pérdidas significativas. Ver unidad “Física Básica de Radio” para mayor información.

### **2.6.1 Zona de Fresnel**

Teniendo como punto de partida el principio de Huygens, podemos calcular la primera zona de Fresnel, el espacio alrededor del eje que contribuye a la transferencia de potencia desde la fuente hacia el receptor.

Basados en esto, podemos investigar cuál debería ser la máxima penetración de un obstáculo (por ejemplo un edificio, una colina o la propia curvatura de la tierra) en esta zona para contener las pérdidas.



**Figura II.08: Zona de Fresnel**

Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, ver Figura II.08, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un enlace satisfactorio. En aplicaciones críticas, habrá que hacer el cálculo también para condiciones anómalas de propagación, en la cuales las ondas de radio se curvan hacia arriba y por lo tanto se requiere altura adicional en las torres. Para grandes distancias hay que tomar en cuenta también la curvatura terrestre que introduce una altura adicional que deberán despejar las antenas. La siguiente fórmula calcula la primera zona de Fresnel:

$$r = 17,32 * \sqrt{((d1 * d2) / (d * f))}$$

d1 = distancia al obstáculo desde el transmisor [km]

d2 = distancia al obstáculo desde el receptor [km]

d = distancia entre transmisor y receptor [km]

f = frecuencia [GHz]

r = radio [m]

Si el obstáculo está situado en el medio (d1 = d2), la fórmula se simplifica:

$$r = 17,32 * \sqrt{(d / 4f)}$$

Tomando el 60% nos queda:

$$0,6r = 5,2 * \sqrt{d/f}$$

**TABLA Nº II.V: Radio [m] para la primera zona de Fresnel.**

<i>Distancia [km]</i>	<i>915 MHz</i>	<i>2,4 GHz</i>	<i>5,8 GHz</i>	<i>Altura de la curvatura terrestre</i>
1	9	6	4	0
10	29	18	11	4,2
100	90	56	36	200

La “Altura de la curvatura terrestre” describe la elevación que la curvatura de la tierra crea entre 2 puntos.

## **2.7 LADO RECEPTOR**

Los cálculos son casi idénticos que los del lado transmisor.

### **2.7.1 Ganancia de antena desde el receptor.**

La potencia del receptor es la potencia de entrada del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En general, los radios con mayor potencia de entrada dependen del costo de los transmisores.

La potencia de recepción del radio, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del equipo de transmisión. Tenga en cuenta que las especificaciones técnicas le darán valores ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la tensión de alimentación.

### **2.7.2 Amplificadores desde el receptor.**

Los cálculos y los principios son los mismos que el transmisor. Nuevamente, la amplificación no es un método recomendable a menos que otras opciones hayan sido

consideradas y aun así sea necesario, por ejemplo, para compensar pérdidas en el cable.

### 2.7.3 Sensibilidad del receptor.

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bits.

Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio. Un valor típico es -82 dBm en un enlace de 11 Mbps y -94 dBm para uno de 1 Mbps.

Una diferencia de 10dB aquí (que se puede encontrar fácilmente entre diferentes tarjetas) es tan importante como 10 dB de ganancia que pueden ser obtenidos con el uso de amplificadores o antenas más grandes. Nótese que la sensibilidad depende de la tasa de transmisión.

**TABLA Nº II.VI: Valores de sensibilidad del receptor de las tarjetas de red inalámbrica.**

<i>Tarjeta</i>	<i>11 Mbps</i>	<i>5,5 Mbps</i>	<i>2 Mbps</i>	<i>1 Mbps</i>
Orinoco cards PCMCIA Silver/Gold	-82 dBm	-87 dBm	-91 dBm	-94 dBm
Senao 802.11b card	-89	-91	-93	-95

## 2.8 RADIO MOBILE

Una de las principales dificultades a la hora de implementar un enlace de RF es saber en qué lugar y distancia deben estar ubicadas las antenas para que puedan comunicarse en forma satisfactoria. Un estudio de viabilidad de la red debe incluir una simulación del diseño propuesto. Simulando el despliegue de la red, se puede evaluar la viabilidad de una arquitectura de red (topología) y estimar el número de nodos

necesarios para cubrir una determinada área. Una de las herramientas de software que permite esta evaluación es Radio Mobile.

Radio Mobile es una herramienta de software escrita para predecir el desempeño de sistemas de radio en exteriores. Aunque fue inicialmente concebida para sistemas de radioaficionados (comunicaciones de voz y datos en UHF y VHF), permite cálculos de enlaces en un amplio rango de frecuencias.

Radio Mobile usa modelos digitales de elevación de terreno (mapas digitales) para calcular automáticamente el perfil del trayecto entre el transmisor y el receptor, ver Figura II.09.

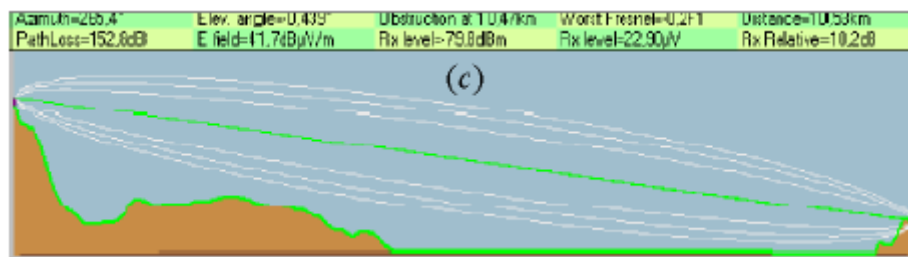


Figura II.09: Perfil de trayecto de radio.

El software usa el Modelo del Terreno Irregular ITM para propagación de radio. El modelo ITM es de propósito general, basado en la teoría electromagnética y el análisis estadístico de las características del terreno. El modelo es válido en un rango de 20MHz a 20GHz, por lo que el software puede ser usado para predecir la atenuación de las señales de radio en sistemas W-LAN y WMAN.

### 2.8.1 Diseñando con Radio Mobile.

Las cinco tareas necesarias para realizar una simulación de radio son:

1. Ingresar la posición y seleccionar la fuente y tipo de mapas que se quiere usar.

2. Definir los sistemas que se quieren implementar en la red.
3. Ubicar las unidades de radio en las posiciones objetivo y asociar un tipo de sistema y rol de cada uno de ellas.
4. Estudiar cada uno de los cálculos de radioenlaces simulados y variar sus configuraciones para optimizar su diseño.
5. Usar las herramientas de cobertura de radio para ver sus áreas de cobertura y potenciales fuentes de interferencia.

## **2.9 WDS**

WDS o Wireless Distribution System es una función que permite la interconexión inalámbrica entre routers o puntos de acceso, esto se describe en el IEEE 802.11. De esta manera podremos usar el router como repetidor de otra señal o para interconectar 2 redes. Cuando se diseñó el estándar 802.11 se pensó en dos tipos básicos de servicios:

BSS (Basic Service Set): en este caso sólo hay un punto de acceso y una red inalámbrica definida por las estaciones conectadas a ese único AP.

ESS (Extended Service Set): en éste caso hay varios APs e interesa que las estaciones conectadas a cualquiera de ellos puedan interconectarse de forma transparente. El sistema que permite dicha interconexión es el DS (Distribution System).

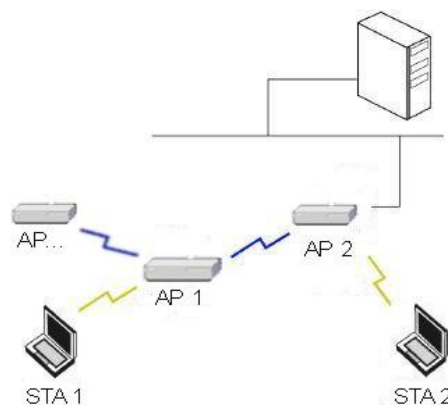
Tampoco interesaba definirlo completamente, ya que es conceptualmente muy sencillo y a veces también muy fácil de implementar. De hecho el sistema de distribución está definido por separado ya que el medio puede ser distinto al 802.11, por ejemplo una red LAN Ethernet.

El DS es sencillamente la forma en que se interconectan varios puntos de acceso (o AP) para permitir la interconexión de las estaciones inalámbricas registradas en los distintos APs. El DS también sirve de base para la implementación de sistemas más sofisticados como el NoCatAuth, Roaming con IAPP, Mobility IP, etc.

Para que la comunicación entre 2 puntos de acceso o routers inalámbricos se pueda establecer, hay que partir de los siguientes supuestos:

- Ambos aparatos soportan la función WDS.
- Deben estar configurados en el mismo canal.
- Sus nombres de red inalámbricos (SSID) deben ser distintos (esto únicamente para saber a cuál de ellos estamos conectando con el ordenador).
- Habrá que introducir en cada uno de ellos la dirección MAC del otro.
- Para establecer la seguridad inalámbrica podrán utilizar encriptación WEP y filtrado de direcciones MAC, pero no suele funcionar con WPA.

Con WDS un punto de acceso puede funcionar solo como punto de acceso, bien como puente con otro punto de acceso, o ambas funciones.



**Figura II.10: Ejemplo de WDS**

De esta manera es posible crear una gran red inalámbrica dado que cada punto de acceso se conecta a cualquier otro punto de acceso disponible (que use WDS) y a cada punto de acceso se pueden conectar, de forma cableada o inalámbrica, la cantidad máxima que soporte el aparato, típicamente 256 equipos, ver Figura II.10.

Se requiere que todos los equipos usen el mismo canal de radio frecuencia y si usan cifrado WEP compartan las llaves de la clave.

Tampoco interesaba definirlo completamente, ya que es conceptualmente muy sencillo y a veces también muy fácil de implementar. De hecho el sistema de distribución está definido por separado ya que el medio puede ser distinto al 802.11, por ejemplo una red LAN Ethernet.

### **Configuración del WDS**

Esta característica no está disponible para el 802.11a o 802.11b/g AP.

Cada enlace WDS está ubicado en un puerto WDS lógico en el 802.11b AP. Todos los puertos WDS actúan como puertos Ethernet y no como interfaces inalámbricas estándar: en un puerto BSS, un Access Point aprende por asociación y de las tramas; en un puerto WDS o Ethernet, un Access Point aprende únicamente de las tramas. Al configurar un WDS, tenga en cuenta lo siguiente:

- El enlace WDS comparte el ancho de banda de comunicación con los clientes. Por lo tanto, si bien la velocidad máxima de datos de la celda del Access Point es de 11 Mb, la transmisión del cliente disminuirá cuando el enlace WDS está activo.



- Si en la tabla WDS no hay una dirección partner MAC configurada, el puerto WDS permanece inhabilitado.
- Cada puerto WDS en un solo 802.11b AP debe tener una sola dirección partner MAC. No ingrese la misma dirección MAC dos veces en la lista de puerto WDS del 802.11b AP.
- Cada Access Point miembro del WDS debe tener la misma configuración de Canal para comunicarse entre sí.
- Cada Access Point miembro del WDS debe tener las mismas configuraciones de cifrado WEP. WDS no utiliza 802.1x. Por lo tanto, si desea cifrar el enlace WDS, debe configurar cada Access Point para utilizar el cifrado WEP (ya sea cifrado WEP únicamente o Modo mixto), además cada Access Point debe tener las mismas Claves de cifrado. Consulte Seguridad.
- Si su red no admite el árbol expandible, tenga cuidado de no crear bucles de red entre los dispositivos 802.11b AP. Por ejemplo, crear un enlace WDS entre dos Access Point conectados a la misma red Ethernet creará un bucle de red (si el árbol expandible está inhabilitado).

### **WDS inalámbrico**

Gracias a este sistema, es posible interconectar APs mediante WDS “canales punto a punto” y hacer *bridging* a Nivel 2 entre todas las estaciones registradas en los puntos de accesos interconectados mediante WDS.

Pero en el caso que quisiésemos interconectar dos redes LAN de forma “transparente”, es decir haciendo *bridging* a Nivel 2, mediante un enlace *wireless* (Figura II.11), no queda más remedio que usar las extensiones WDS del 802.11.

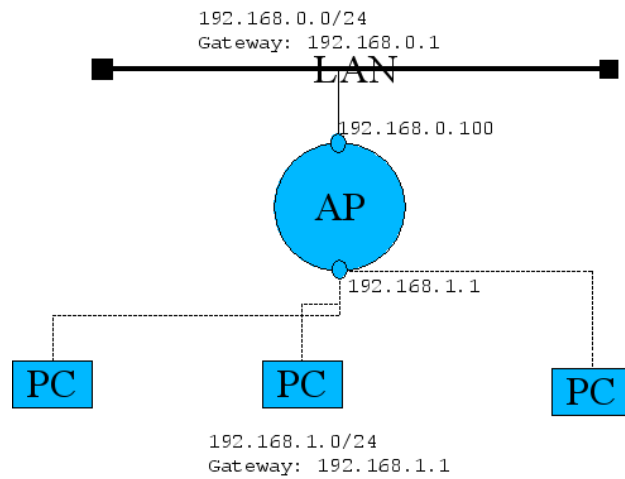


Figura II.11: Enrutado IP.

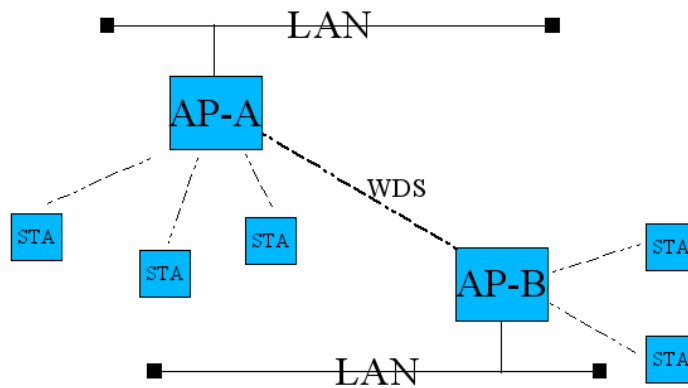


Figura II.12: Interconexión de dos LAN a través de wireless.

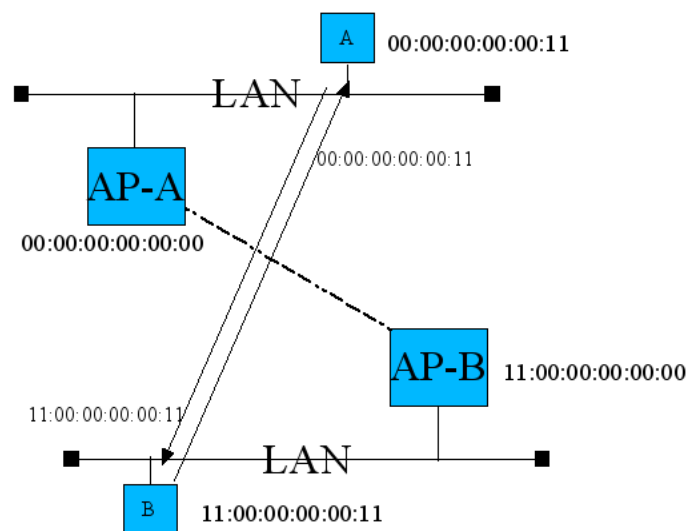


Figura II.13: Envío de paquetes entre A y B a través del WDS.

### **Campos adicionales en el paquete WDS**

Las conexiones *wireless* entre dos estaciones se realizan siempre enviando la dirección MAC de la tarjeta *wireless* del origen y del destino. La dirección MAC del destino sirve para que la tarjeta del receptor reciba y procese el paquete localmente. Es decir, estos tipos de paquetes estándares sólo permiten la conexión entre un par de ordenadores, normalmente un AP y una estación registrada ver Figura II.12. En el caso que se quieran interconectar a Nivel 2 un par de redes LAN, estos datos no bastan. Supongamos el siguiente caso, donde un ordenador A envía un paquete de datos a otro ordenador B en otra LAN distinta, interconectada por unos enlaces ver Figura II.13. Para que A (con MAC 00:00:00:00:00:11) y B (con MAC 11:00:00:00:00:11) se puedan comunicar a Nivel 2 ambas necesitan conocer la dirección MAC de la otra (de eso se encarga el protocolo ARP) y las tramas Ethernet que se envían usan dichas direcciones como origen y destino. Si no tuviésemos la extensión WDS sería imposible realizar esta conexión, ya que en AP-A y AP-B perderíamos las direcciones MAC originales que serían reemplazadas por las direcciones MAC de los APs (00:00:00:00:00:00 y 11:00:00:00:00:00 respectivamente). Este problema se soluciona con la extensión WDS, que agrega dos campos adicionales para mantener las direcciones MAC del remitente y destino originales. Por ejemplo, si AP-A envía una trama de A hacia B conectado al AP-B, los campos del paquete *wireless*:

- **Destinatario (o receptor, RA):** 11:00:00:00:00:00
- **Origen (o transmisor, TA):** 00:00:00:00:00:00
- **Destinatario original (DA):** 11:00:00:00:00:11
- **Remitente original (SA):** 00:00:00:00:00:11

## **CAPITULO III**

### **3 DISEÑO DE LA RED.**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se va a describir el proceso de diseño de la red. Empezando con unas consideraciones previas acerca de la geografía y la población, con una especial atención a la realidad de la gente que vive en la zona y siguiendo luego con aspectos tecnológicos: el diseño de los radioenlaces y el direccionamiento de la red. En cuanto a los aspectos más sociales y ambientales.

#### **3.2 CONDICIONES GEOGRÁFICAS, SOCIALES Y ECONÓMICAS.**

##### **3.2.1 Geografía del terreno.**

En casi todos los casos, el pueblo o comunidad está formada por un cierto número de viviendas repartidas en una superficie relativamente extensa, por lo que la densidad de población es baja. En la zona habitada se han cortado árboles y maleza, por lo que el

terreno es pasto, mientras que a los alrededores del pueblo empieza ya la vegetación cuyos arboles se alzan decenas de metros sobre el suelo. La altura de los arboles es un factor que debe tenerse en cuenta, puede interferir en la línea de vista entre repetidores. Por eso se hace necesaria una inspección de la zona, para verificar que las alturas definidas en el diseño son las adecuadas para ese terreno en particular.

### **3.2.2 Los pobladores del Cantón Colta.**

La mayoría de los pobladores de las comunidades que forman parte de la red son indígenas, aunque si hay presencia de mestizos en algunas de ellas. Me parece que el estudio o conocimiento de la realidad social de la zona, así como de sus costumbres y tradiciones es una condición indispensable para poder actuar y ayudar lo mejor posible. Hay que tener en cuenta que poco tiene que ver la vida en la ciudad con la vida en el campo, por lo que hay que saber que nuestra presencia en la zona podría no entenderse e incluso llegar a verse como una invasión que en nada va a ayudar a la gente que vive allí. Por eso, contar con alguien que conozca la zona y sus necesidades nos parece algo de suma importancia.

### **3.2.3 La economía del Cantón Colta.**

La mayoría de las personas viven en condiciones muy humildes. Las principales actividades económicas son la agricultura y ganadera y el comercio.

## **3.3 RADIOFRECUENCIA EN EL CANTÓN COLTA.**

A parte de los temas económicos y sociales, así como al infraestructura existente en la zona, hay otro aspecto que merece ser tenido en consideración, las propiedades que presenta la región desde un punto de vista de propagación de ondas y de

radiocomunicaciones. Como ya sabemos, cuanto más alta es la frecuencia de una onda, más datos y más rápidamente pueden transmitir. Sin embargo se reduce su alcance y su capacidad de atravesar objetos sólidos. En nuestro caso, utilizaremos una frecuencia alta de 5.8GHz.

### **3.4 PROPUESTA DE RED INALÁMBRICA**

A continuación, y teniendo en cuenta todo lo hasta ahora comentado, se va a describir la red que finalmente se decidió. La topología, los cálculos de los radioenlaces, con la inclusión de amplificadores, repetidores y la elección de la altura de las antenas van a ser los pilares de esta sección.

#### **3.4.1 Topología y descripción de la red**

La distancia media entre las distintas ubicaciones es de unos 25-30Km en línea recta y se puede acceder de uno a otro solamente por líneas de vistas. Debemos distinguir dos tipos de subredes dentro de nuestra red general.

La primera será la red troncal, por la que se transmitirá la señal inalámbrica y el posible acceso a internet, la segunda será la red de cada suscriptor se unirá a la troncal. El diseño de estas redes es independiente ya que se sectorizara por parroquias así nuestra administración será más fácil y adecuada y para cada una se utilizan distintos materiales y configuraciones.

**Red Troncal:** Los distintos puntos estarán conectados con los dos más cercanos a cada uno. Se establecerá un enlace punto a punto, y cada uno de ellos será a la vez Master y Slave. Esto viene determinado tanto por las condiciones geográficas, ver Figura III.14.



Figura III.14: Red Troncal de las Parroquias de Colta.

**Red Local:** En este caso la red tiene una estructura más parecida a lo que conocemos comúnmente como Wi-Fi. Aunque en la mayoría de casos será un enlace punto a punto, debido a que solamente hay una antena que pueda recibir la señal, ver Figura III.15.

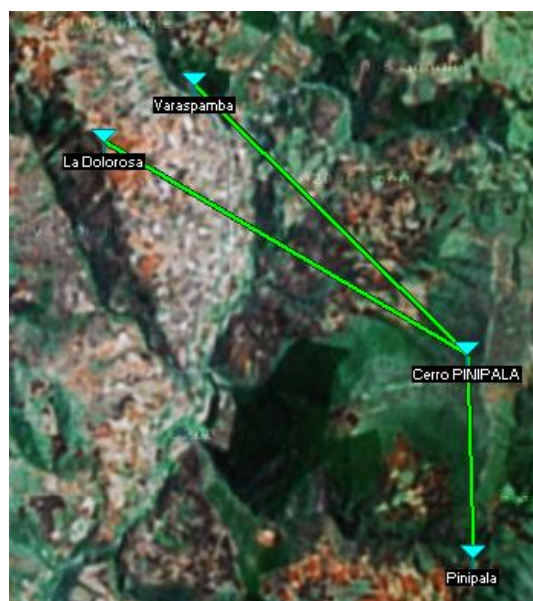


Figura III.15: Red Local de la Parroquia Juan de Velasco Canton Colta.

En los siguientes apartados se irá especificando mejor el diseño y la implementación de estas redes, del punto de vista de los radioenlaces y de la arquitectura de red y direccionamiento.

### 3.4.2 Diseño de los Radio Enlaces

Para el diseño se distribuirá por parroquias como son:

- Villa la Unión
- Santiago de Quito
- Juan de Velasco
- Columbe

#### 3.4.2.1 Ubicación Geográfica detallada de las principales Entidades a interconectarse de la Parroquia Villa la Unión

A continuación se detalla las posiciones geográficas de los puntos a interconectar, en el diseño de la red ver Tabla III.VII.

**TABLA Nº III.VII: Coordenadas geográficas de los puntos a interconectar.**

Sitio	Ubicación	Altitud
CERRO CULLCA	01°41'34"S 078°46'38"O	3392,8m
COLTA MONJAS BAJO	01°44'21"S 078°45'34"O	3304,0m
GUACONA GRANDE	01°43'28"S 078°47'05"O	3535,0m
GUACONA SAN ISIDRO	01°43'43"S 078°49'01"O	3638,6m
HUIÑATUZ GRANDE	01°40'05"S 078°47'15"O	3611,1m
MAJIPAMBA	01°43'50"S 078°45'44"O	3305,1m
SAN JACINTO DE C.	01°42'11"S 078°47'59"O	3564,2m
GATAZO CHICO	01°40'02"S 078°44'24"O	3150,8m
GATAZO ELENA ZAMBRANO	01°40'35"S 078°45'23"O	3121,0m
GATAZO ZAMBRANO	01°40'12"S 078°44'42"O	3119,6m
COLTA MOJAS ALTO	01°44'42"S 078°46'03"O	3428,4m
HUIÑATUZ CHICO	01°40'15"S 078°47'26"O	3524,7m

Con la ubicación de puntos principales a interconectar se procede a mostrar en la Tabla III.VIII distancias entre las dependencias.



TABLA N° III.VIII: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro Cullca.

Distancias entre Dependencias		Distancias(Km)
Salida	Llegada	
Cerro Cullca	Gatazo Chico	5,02
Cerro Cullca	Gatazo Zambrano	4,4
Cerro Cullca	Gatazo Elena Zambrano	2,97
Cerro Cullca	Huiñatuz Grande	2,96
Cerro Cullca	Huiñatuz Chico	2,86
Cerro Cullca	San Jacinto de C.	2,72
Cerro Cullca	Guacona San Isidro	5,93
Cerro Cullca	Guacona Grande	3,62
Cerro Cullca	Colta Monjas Alto	5,91
Cerro Cullca	Majipamba	4,52
Cerro Cullca	Colta Monjas Bajo	5,54

#### 3.4.2.1.1 Determinación de los Parámetros de Desempeño de los Radioenlaces

Para la determinación de los parámetros de desempeño de los radioenlaces se toma en cuenta los siguientes parámetros: Frecuencia del enlace, distancia, Potencia de Transmisión, ganancia de las antenas, tanto transmisora como receptora, perdidas de branching, perdidas por los conectores y líneas de transmisión, todos estos parámetros se esquematizan en la Figura III.16.

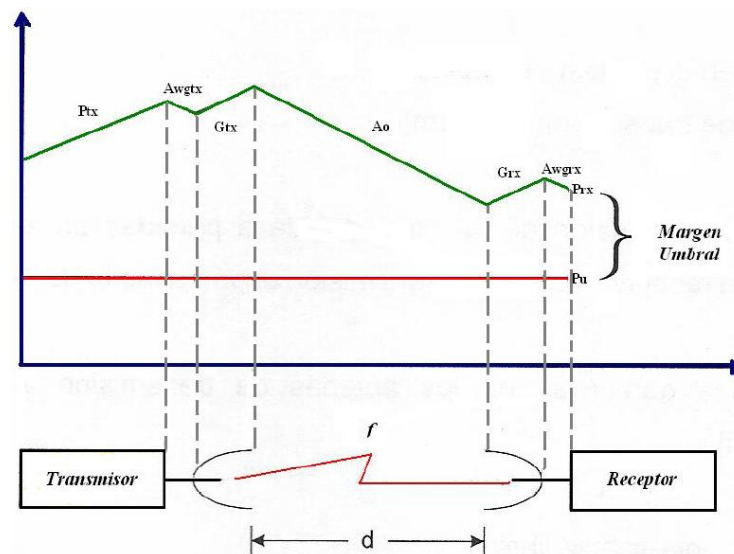


Figura III.16: Esquema de Determinación del Desempeño del enlace.

Estos parámetros se basan esencialmente en el nivel de señal de entrada que se tendrá en la recepción, el cual se calcula por medio de la siguiente fórmula:

Ecuación 1:

$$P_{RX} = P_{TX} - AB - AWG_{TX} + G_{TX} - A_o + G_{RX} - AWG_{RX} - AB - A_{0,01} [dBm]$$

Donde:

$P_{RX}$  = Potencia de entrada de la señal [dBm]

$P_{TX}$  = Potencia de salida del Transmisor [dBm]

$AB$  = Perdidas de Branching = 2 dB

$G_{TX}$  = Ganancia de la antena de Transmisión [dBi]

$AWG_{TX}$  = Perdidas en las líneas de alimentación del Transmisor [dB]

$A_o$  = Perdidas en el espacio libre [dB]

$A_{0,01}$  = Estimación de la atenuación por lluvia [dB]

$G_{RX}$  = Ganancia en la antena de recepción [dBi]

$AWG_{RX}$  = Perdidas en las líneas de alimentación del receptor [dB]

Los parámetros **AWG<sub>TX</sub>** y **AWG<sub>RX</sub>** son valores que se presentan en el cable coaxial. En el caso del sistema diseñado, para trabajar en la banda de los 5,8 Ghz se tiene una atenuación de 16dB/100m (cable coaxial LMR-900)<sup>1</sup>. Considerando que se utilizan 10 m de cable en las conexiones, tanto en el transmisor como en el receptor, con su respectiva antena, se tiene lo siguiente:

Ecuación 2:

$$AWG_{TX} + AWG_{RX} = 16 \frac{dB}{100} \times 10m$$

$$AWG_{TX} + AWG_{RX} = 1.6 dB$$

Los valores de Ganancia **G<sub>TX</sub>** y **G<sub>RX</sub>**, para antenas que trabajan a la frecuencia de 5.8 Ghz van de 17 a 27 dBi<sup>2</sup>.

Para el caso del Diseño se tomarán los valores de:

<sup>1</sup>Soluciones LMR: Cable coaxial de baja pérdida para aplicaciones en las bandas ISM.

<sup>2</sup>Estudio y Reestructuración de los enlaces de SIDEPRO.

$$G_{TX} = 24 \text{ dBi}$$

$$G_{RX} = 24 \text{ dBi}$$

Por ser los valores de ganancia mínimos y, en el caso de este Diseño, se lo hace para el peor de los casos.

Las pérdidas totales  $\alpha_{\text{Total}}$  corresponden a las pérdidas por Branching (AB), la atenuación por espacio libre ( $A_0$ ) y la atenuación por lluvia estimada al 1% ( $A_{0.01}$ ):

Ecuación 3:

$$A_0 = 92,4 + 20 \log(f) + 20 \log(d) \text{ [dB]}$$

Para la resolución de la atenuación por espacio libre se tomará en cuenta a todos los radioenlaces, detallando principalmente al de mayor distancia.

#### **Enlace Antenas Cerro Culca – Colta Monjas Alto**

Se encuentran separadas a una distancia de 5,88 Km y a una frecuencia de 5.8Ghz.

$$A_0 = 92,4 + 20 \log 5.8 + 20 \log 5.88 \text{ [dB]}$$

$$A_0 = 123,06 \text{ [dB]}$$

La estimación en la atenuación por lluvia esta dado por:

Ecuación 4:

$$A_{0,01} = YR \times D \times R$$

Donde:

**YR** es la atenuación específica para la polarización y frecuencia, se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 5:

$$YR = k \times r^\alpha$$

Donde los valores de  $k$  y  $\alpha$  se obtienen de la siguiente Tabla III.IX<sup>3</sup>

**TABLA Nº III.IX: Coeficientes  $k$  y  $\alpha$  para distintos valores de frecuencia y polarización.**

Frecuencia (GHz)	kH	kV	$\alpha$ H	$\alpha$ V
1	0.0000387	0.0000352	0.912	0.880
2	0.000154	0.000138	0.963	0.923
4	0.000650	0.591	1.121	1.075
6	0.00175	0.00155	1.308	1.265
7	0.00301	0.00265	1.332	1.312
8	0.00454	0.00395	1.327	1.310
10	0.0101	0.00887	1.276	1.264
12	0.0188	0.0168	1.217	1.200
15	0.0367	0.0335	1.154	0.128
20	0.0751	0.0691	1.099	1.065
25	0.124	0.113	1.061	1.030
30	0.187	0.167	1.021	1.000
35	0.263	0.233	0.979	0.963
40	0.350	0.310	0.939	0.929
45	0.442	0.393	0.903	0.897
50	0.536	0.479	0.873	0.868
60	0.707	0.642	0.826	0.824
70	0.851	0.784	0.793	0.793
80	0.975	0.906	0.769	0.769
90	1.06	0.999	0.753	0.754
100	1.12	1.06	0.743	0.744

Entonces:

$$\begin{aligned}
 YR &= k \times r^\alpha \\
 YR &= 0.00155 \times r^{1.265} \\
 YR &= 0.00155 \times 95^{1.265} \\
 YR &= 0.00155 \times 317,55 \\
 YR &= 0.4922
 \end{aligned}$$

**D** es la distancia del Trayecto

**R** es el radio calculado mediante la siguiente ecuación:

$$r = \frac{1}{1 + \frac{a}{d_0}} y d_0 = 35 \times e^{-0,015 \times R_{0,01}}$$

<sup>3</sup> ATENUACIÓN POR LLUVIA EN UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN ESTACIÓN-SATÉLITE

<http://www.urbe.edu/publicaciones/telematica/indice/pdf-vol7-1/3-atenuacion-por-lluvia-en-sistema-comunicacion.pdf>

Con es el índice de precipitación superado durante el 0.01 % del tiempo, valor que para la zona del Ecuador, según la recomendación UIT-R P.387, es igual a 95mn/h.

Ahora se calcula:

Ecuación 6:

$$d_0 = 35 \times e^{-0,015 \times R_{0,01}}$$

$$d_0 = 35 \times e^{-0,015 \times 95}$$

$$d_0 = 35 \times e^{-1,425}$$

$$d_0 = 35 \times 0,24$$

$$d_0 = 8,417$$

Ecuación 7:

$$r = \frac{1}{1 + \frac{d}{d_0}}$$

$$r = \frac{1}{1 + \frac{18,98}{8,417}}$$

$$r = \frac{1}{1 + 2,254}$$

$$r = \frac{1}{3,254}$$

$$r = 0,307$$

Con este valor, ahora si se obtiene la estimación en la atenuación por lluvia:

$$A_{0,01} = YR \times D \times R$$

$$A_{0,01} = 0,4922 \times 18,98 \times 0,307$$

$$A_{0,01} = 2,86 [dB]$$

Con lo que se obtiene la pérdida total  $\alpha_{Total}$  que es igual a:

Ecuación 8:

$$\alpha_{Total} = AB + AB + A_0 + A_{0,01} + AWG_{TX} + AWG_{RX}$$

$$\alpha_{Total} = 2 + 2 + 123,10 + 2,86 + 1,6$$

$$\alpha_{Total} = 130,41 [dB]$$

Finalmente se reemplaza los valores obtenidos, en la Ecuación 1.

$$P_{RX} = P_{TX} - AB - AWG_{TX} + G_{TX} - A_0 + G_{RX} - AWG_{RX} - AB - A_{0,01} [dBm]$$

$$P_{RX} = P_{TX} - (AB + AB + AWG_{TX} + A_0 + G_{TX} + AWG_{RX} + A_{0,01}) + G_{TX} + G_{RX} [dBm]$$

$$P_{RX} = P_{TX} - (AB + AB + AWG_{TX} + A_0 + G_{TX} + AWG_{RX} + A_{0,01}) + G_{TX} + G_{RX}$$

$$P_{RX} = P_{TX} - \alpha_{Total} + G_{TX} + G_{RX} [dBm]$$

$$P_{RX} = 23 \text{ dBm} - 130,41 \text{ dB} + 24 \text{ dBi} + 24 \text{ dBi}$$

$$P_{RX} = -59,41 [dBm]$$

El Margen Umbral MU es igual a:

Ecuación 9:

$$MU = P_{RX} - P_u$$

Donde:

$P_{RX}$  es la potencia de recepción expresado en dBm

$P_u$  es la sensibilidad del equipo receptor expresado en dBm

La sensibilidad del equipo receptor varía entre -73 y -103 [dBm], para los cálculos se tomará el valor de -82 dBm, y se reemplaza en la Ecuación 9.

$$MU = P_{RX} - P_u$$

$$MU = -59,41 \text{ dBm} - (-82 \text{ dBm})$$

$$MU = 22,59 \text{ dB}$$

Para calcular el Margen de Desvanecimiento en dB se asuma una confiabilidad de enlace del 99.999 %, un factor de rugosidad de terreno de ¼ y un factor climático de ¼.

Ecuación 10:

$$MD = 30 \log d + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - C) - 70 [dB]^4$$

$$MD = 30 \log(5.91) + 10 \log(6(0.25 * 0.25 * 5.8)) - 10 \log(1 - 0.99999) - 70 [dB]$$

$$MD = -93.48[dB]$$

Para que el enlace funcione correctamente el valor de MU debe ser mayor o igual a MD, desde el punto de vista teórico, garantizando de esta manera la disponibilidad del enlace para todo el tiempo preestablecido.

En el caso de este enlace los valores obtenidos son:

$$MU = 22,59[dB]$$

$$MD = -93.48[dB]$$

Lo que satisface dicho requerimiento.

Para los enlaces restantes de las demás parroquias se realizaron cálculos similares y solamente se muestra los valores teóricos obtenidos para el buen desempeño de los radioenlaces en la Tabla III.X.

---

<sup>4a</sup>Digital Communications, Microwave applications", CamiloFeher; Capitulo 5

**TABLA N° III.X: Parámetros teóricos calculados para el desempeño de los radioenlaces de la Parroquia Villa la Unión.**

Comunidad	Frecuencia de Operación (Ghz)	Potencia de Transmisión (dBm)	Potencia de Recepción (dBm)	Atenuación del Espacio Libre(db)	Margen Umbral (db)	Margen de Desvanecimiento (db)	Sensibilidad del Rx (dBm)	Ganancia de antena Tx (dBi)	Ganancia de antena Rx (dBi)	Distancia (Km)
Gatazo Chico	5,8	23	-57,83	121,68	24,17	-95,6	-82	24	24	5,02
Gatazo Zambrano	5,8	23	-56,56	120,54	25,44	-97,32	-82	24	24	4,4
Gatazo Elena Zambrano	5,8	23	-52,80	117,12	29,2	-102,44	-82	24	24	2,97
Huiñatuz Grande	5,8	23	-52,77	117,09	29,23	-102,49	-82	24	24	2,96
Huiñatuz Chico	5,8	23	-52,45	116,80	29,55	-102,93	-82	24	24	2,86
San Jacinto de C.	5,8	23	-51,97	116,36	30,03	-103,59	-82	24	24	2,72
Guacona San Isidro	5,8	23	-59,44	123,13	22,56	-93,43	-82	24	24	5,93
Guacona Grande	5,8	23	-54,69	118,84	27,31	-99,86	-82	24	24	3,62
Colta Monjas Alto	5,8	23	-59,41	123,10	22,59	-93,48	-82	24	24	5,91
Majipamba	5,8	23	-56,82	120,77	25,18	-96,97	-82	24	24	4,52
Colta Monjas Bajo	5,8	40	-41,78	122,54	40,22	-94,32	-82	24	24	5,54



### 3.4.2.1.2 Perfiles Topográficos de los Radioenlaces de la Parroquia Villa la Unión

Se utilizó el programa Radio Mobile versión 10.4.7, para graficar el perfil topográfico y determinar el despeje de la zona de Fresnel en la Parroquia Villa la Unión.

De donde se obtiene el siguiente resultado con las dependencias a interconectar, en la Figura III.17.



Figura III.17: Mapa topográfico de las ubicaciones de las Dependencias a Interconectar de la parroquia Villa la Unión.

### 3.4.2.2 Ubicación Geográfica detallada de las principales Entidades a interconectarse de la Parroquia Santiago de Quito

En este punto se detalla las posiciones geográficas de los puntos a interconectar, para el diseño de la red, ver Tabla III.XI.

**TABLA N° III.XI: Coordenadas geográficas de los puntos a interconectar.**

<b>Sitio</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Altitud</b>
Cerro Sindipamba	01°47'25"S 078°42'23"O	3522,2m
Castug Alto	01°46'42"S 078°41'56"O	3510,2m
San Bartolo de Sindipamba	01°47'24"S 078°42'06"O	3437,7m
Troje Grande	01°49'44"S 078°43'22"O	3277,6m
Castug Colegio	01°47'53"S 078°42'46"O	3462,3m

Con la ubicación de puntos principales a interconectar se procede a mostrar en la Tabla III.XII las distancias entre las dependencias.

**TABLA N° III.XII: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro Sindipamba.**

<b>Distancias entre Dependencias</b>		<b>Distancias(Km)</b>
<b>Salida</b>	<b>Llegada</b>	
Cerro Sindipamba	Castug Alto	1,57
Cerro Sindipamba	San Bartolo de Sindipamba	0,51
Cerro Sindipamba	Troje Grande	4,65
Cerro Sindipamba	Castug Colegio	1,11

Valores teóricos obtenidos para el buen desempeño de los radioenlaces en la Tabla III.XIII.

TABLA N° III.XIII: Parámetros teóricos calculados para el desempeño de los radioenlaces de la Parroquia Santiago de Quito.

Comunidad	Frecuencia de Operación (Ghz)	Potencia de Transmisión (dBm)	Potencia de Recepción (dBm)	Atenuación del Espacio Libre (db)	Margen Umbral (db)	Margen de Desvanecimiento (db)	Sensibilidad del Rx (dBm)	Ganancia de antena Tx (dBi)	Ganancia de antena Rx (dBi)	Distancia (Km)
Castug Alto	5,8	23	-60,84	117,84	21,16	-110,75	-82	24	10	1,57
San Bartolo de Sindipamba	5,8	23	-50,66	107,66	31,34	-125,4	-82	24	10	0,51
Troje Grande	5,8	23	-57,09	128,09	24,91	-96,6	-82	24	24	4,65
Castug Colegio	5,8	23	-57,66	114,66	24,34	-115,27	-82	24	10	1,11

### 3.4.2.2.1 Perfiles Topográficos de los Radioenlaces de la Parroquia

#### Santiago de Quito.

Se utilizó el programa Radio Mobile versión 10.4.7, para graficar el perfil topográfico y determinar el despeje de la zona de fresnel en la parroquia de Santiago de Quito.

De donde se obtiene el siguiente resultado con las dependencias a interconectar, en la Figura III.18.



Figura III.18: Mapa topográfico de las ubicaciones de las Dependencias a Interconectar de la parroquia Santiago de Quito.

### 3.4.2.3 Ubicación Geográfica detallada de las principales Entidades a interconectarse de la Parroquia Juan de Velasco

A continuación se detalla las posiciones geográficas de los puntos a interconectar, en el diseño de la red ver Tabla III.XIV y Tabla III.XV.

TABLA N° III.XIV: Coordenadas geográficas de los puntos a interconectar al Cerro Pinipala.

Sitio	Ubicación	Altitud
Varaspamba	01°49'00"S 078°53'04"O	3242,4m
Pinipala	01°50'59"S 078°51'54"O	3601,1m
La Dolorosa	01°49'14"S 078°53'26"O	3550,9m
Estación Cerro Pinipala	01°50'08"S 078°51'55"O	3932,2m

TABLA N° III.XV: Coordenadas geográficas de los puntos a interconectar al Cerro Tepeyac.

Sitio	Ubicación	Altitud
Estación Cerro Tepeyac	01°47'52"S 078°50'46"O	4164,3m
Guangupud	01°45'29"S 078°51'14"O	3827,6m

Con la ubicación de puntos principales a interconectar se procede a mostrar en la Tabla III.XVI y Tabla III.XVII las distancias entre las dependencias.

TABLA N° III.XVI: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro Pinipala.

Distancias entre Dependencias		Distancias(Km)
Salida	Llegada	
Estación Cerro Pinipala	Varaspamba	2,64
Estación Cerro Pinipala	La Dolorosa	3,25
Estación Cerro Pinipala	La Dolorosa	1,57

TABLA N° III.XVII: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro Tepeyac.

Distancias entre Dependencias		Distancias(Km)
Salida	Llegada	
Estación Cerro Tepeyac	Guangupud	4,52
Estación Cerro Tepeyac	Cerro Pinipala	4,7
Estación Cerro Tepeyac	Cerro Cullca	13,95

Para interconectar la Estación del Cerro Pinipala se deberá conectar con la Estación del Cerro Tepeyac y este a su vez con la Estación del Cerro Cullca dándonos un aproximado de 18,65Km entre los tres puntos. Valores de los radioenlaces en la Tabla III.XVIII y Tabla III.XIX.

**TABLA N° III.XVIII: Parámetros teóricos calculados para el desempeño de los radioenlaces de la Parroquia Juan de Velasco Estación Cerro Pinipala.**

Comunidad	Frecuencia de Operación (Ghz)	Potencia de Transmisión (dBm)	Potencia de Recepción (dBm)	Atenuación del Espacio Libre (db)	Margen Umbral (db)	Margen de Desvanecimiento (db)	Sensibilidad del Rx (dBm)	Ganancia de antena Tx (dBi)	Ganancia de antena Rx (dBi)	Distancia (Km)
Varaspamba	5,8	23	-51,69	122,69	30,31	-103,98	-82	24	24	2,64
La Dolorosa	5,8	23	-53,66	124,66	28,34	-101,27	-82	24	24	3,25
Pinipala	5,8	23	-60,84	117,84	21,16	-110,75	-82	24	10	1,57

**TABLA N° III.XIX: Parámetros teóricos calculados para el desempeño de los radioenlaces de la Parroquia Juan de Velasco Estación Cerro Tepeyac.**

Comunidad	Frecuencia de Operación (Ghz)	Potencia de Transmisión (dBm)	Potencia de Recepción (dBm)	Atenuación del Espacio Libre (db)	Margen Umbral (db)	Margen de Desvanecimiento (db)	Sensibilidad del Rx (dBm)	Ganancia de antena Tx (dBi)	Ganancia de antena Rx (dBi)	Distancia (Km)
Guangupud	5,8	23	-39,82	127,82	42,18	-96,97	-82	24	24	4,52
Cerro Pinipala	5,8	23	-40,20	128,20	41,8	-96,46	-82	24	24	4,7
Cerro Cullca	5,8	23	-50,74	138,74	31,26	-82,29	-82	24	10	13,95

### 3.4.2.3.1 Perfiles Topográficos de los Radioenlaces de la Parroquia Juan de Velasco

Utilizamos el programa Radio Mobile versión 10.4.7, para graficar el perfil topográfico y determinar el despeje de la zona de fresnel en la Parroquia de Juan de Velasco. De donde se obtiene el siguiente resultado con las dependencias a interconectar, en la Figura III.19.

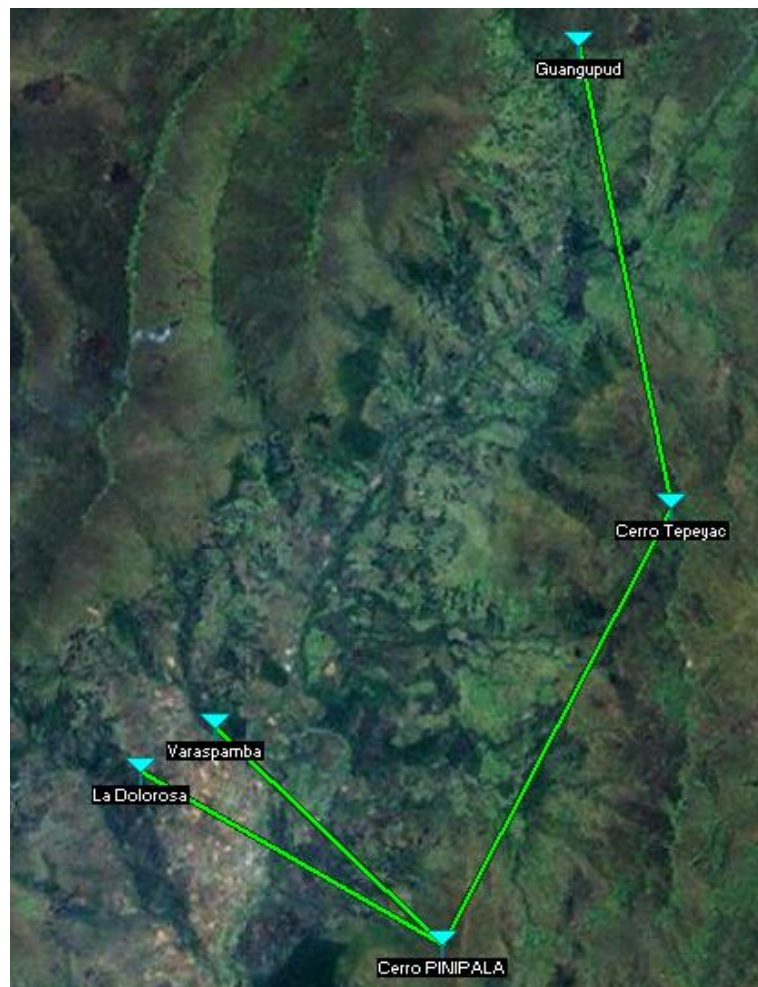


Figura III.19: Mapa topográfico de las ubicaciones de las Dependencias a Interconectar de la parroquia Juan de Velasco.

### 3.4.2.4 Ubicación Geográfica detallada de las principales Entidades a interconectarse de la Parroquia Columbe

A continuación se detalla las posiciones geográficas de los puntos a interconectar, en el diseño de la red ver Tabla III.XX y Tabla III.XXI.



TABLA N° III.XX: Coordenadas geográficas de los puntos a interconectar al Cerro Santo Tomas.

Sitio	Ubicación	Altitud
Cerro Santo Tomas	01°51'16"S 078°41'24"O	3510,4m
Convalecencia	01°50'47"S 078°41'21"O	3455,5m
San Martin Alto	01°50'32"S 078°42'34"O	3286,6m
San Rafael Alto	01°50'00"S 078°44'41"O	3358,0m
San Guisel Alto	01°50'37"S 078°45'29"O	3444,0m
Miraflores Cochabamba	01°51'29"S 078°44'44"O	3481,6m
Miraflores Pusurumi	01°52'02"S 078°43'47"O	3257,0m
Cerro Columbe	01°52'58"S 078°43'15"O	3269,1m
Columbe Alto	01°53'31"S 078°44'50"O	3593,6m
Cerro San Guisel Alto	01°50'38"S 078°46'19"O	3630,8m

TABLA N° III.XXI: Coordenadas geográficas de los puntos a interconectar al Cerro San Guisel Alto.

Sitio	Ubicación	Altitud
San Bernardo	01°50'57"S 078°46'00"O	3308,5m
Llinllin Centro	01°51'53"S 078°45'25"O	3268,8m
San Antonio de Columbe	01°53'37"S 078°46'21"O	3799,0m

Con la ubicación de puntos principales a interconectar se procede a mostrar en la

Tabla III.XXII y la Tabla III.XXIII, las distancias entre las dependencias.

TABLA N° III.XXII: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro Santo Tomas.

Distancias entre Dependencias		Distancias(Km)
Salida	Llegada	
Cerro Santo Tomas	Convalecencia	0,89
Cerro Santo Tomas	San Martin Alto	2,55
Cerro Santo Tomas	San Rafael Alto	6,52
Cerro Santo Tomas	San Guisel Alto	7,68
Cerro Santo Tomas	Miraflores Cochabamba	6,21
Cerro Santo Tomas	Miraflores Pusurumi	4,65
Cerro Santo Tomas	Cerro Columbe	4,67
Cerro Santo Tomas	Columbe Alto	7,62
Cerro Santo Tomas	Cerro San Guisel Alto	9,19

TABLA N° III.XXIII: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro San Guisel Alto.

Distancias entre Dependencias		Distancias(Km)
Salida	Llegada	
Cerro San Guisel Alto	San Bernardo	0,84
Cerro San Guisel Alto	Llinllin Centro	2,85
Cerro San Guisel Alto	San Antonio de Columbe	5,54



Para interconectar la Estación del Cerro San Guisel Alto se deberá conectar con la Estación del Cerro Santo Tomas dándonos un aproximado de 9,19Km entre los dos puntos. Valores teóricos obtenidos para el buen desempeño de los radioenlaces en la Tabla III.XXIV y Tabla III.XXV.

#### 3.4.2.4.1 Perfiles Topográficos de Radioenlaces de la Parroquia Columbe

Utilizamos el programa Radio Mobile versión 10.4.7, para graficar el perfil topográfico y determinar el despeje de la zona de fresnel en la Parroquia de Columbe. De donde se obtiene el siguiente resultado con las dependencias a interconectar, en la Figura III.20.

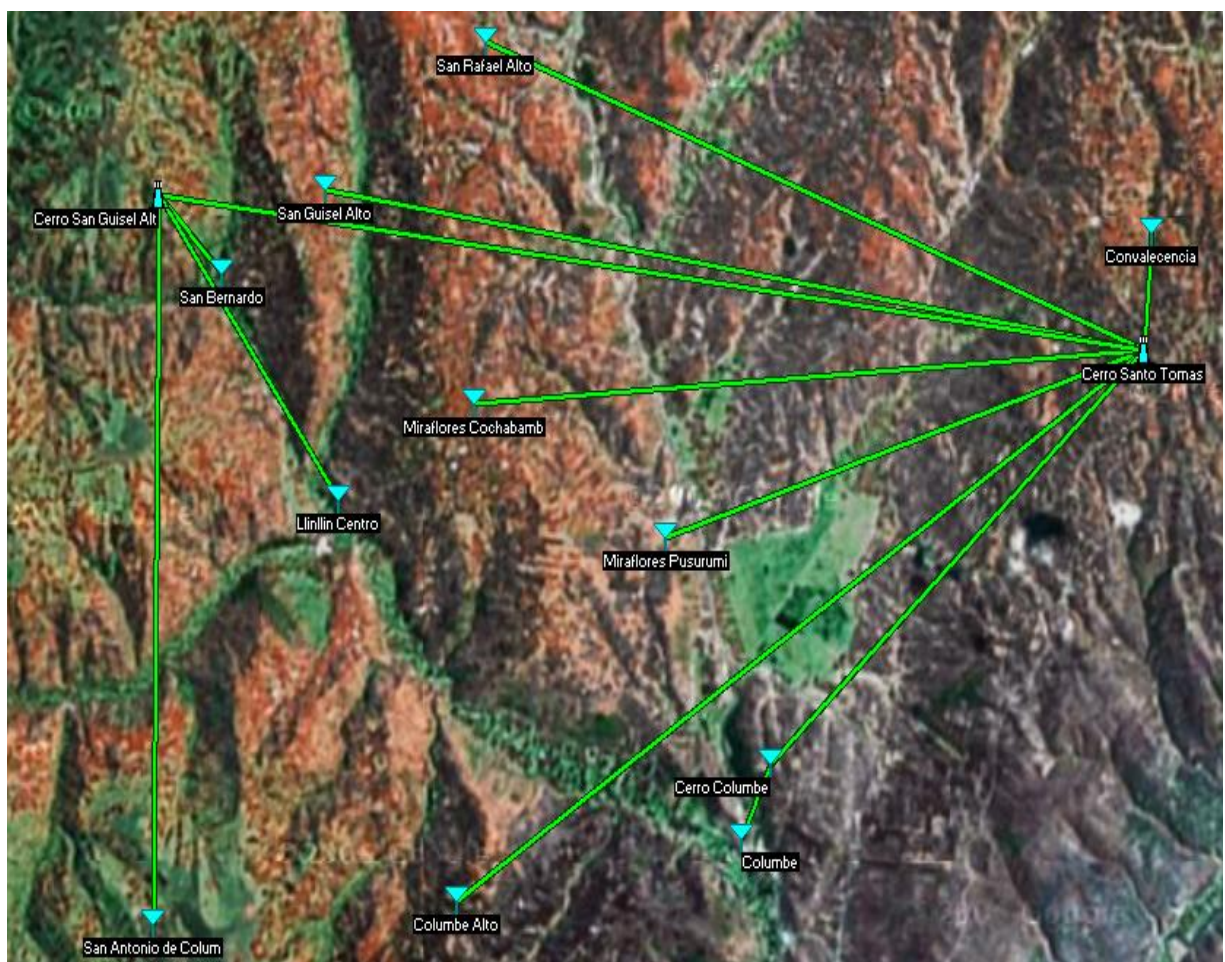


Figura III.20: Mapa topográfico de las ubicaciones de las Dependencias a Interconectar de la parroquia Columbe.

**TABLA N° III.XXIV: Parámetros teóricos calculados para el desempeño de los radioenlaces de la Parroquia Juan Columbe Estación Cerro Santo Tomas.**

Comunidad	Frecuencia de Operación (Ghz)	Potencia de Transmisión (dBm)	Potencia de Recepción (dBm)	Atenuación del Espacio Libre (db)	Margen Umbral (db)	Margen de Desvanecimiento (db)	Sensibilidad del Rx (dBm)	Ganancia de antena Tx (dBi)	Ganancia de antena Rx (dBi)	Distancia (Km)
Convalecencia	5,8	23	-55,65	112,65	26,35	-118,14	-82	24	10	0,89
San Martin Alto	5,8	23	-51,36	122,36	30,64	-104,43	-82	24	24	2,55
San Rafael Alto	5,8	23	-60,36	131,36	21,64	-92,2	-82	24	24	6,52
San Guisel Alto	5,8	23	-61,95	132,95	20,05	-90,06	-82	24	24	7,68
Miraflores Cochabamba	5,8	23	-59,89	130,89	22,11	-92,83	-82	24	24	6,21
Miraflores Pusurumi	5,8	23	-57,09	128,09	24,91	-96,6	-82	24	24	4,65
Cerro Columbe	5,8	23	-57,13	128,13	24,87	-96,55	-82	24	24	4,67
Columbe Alto	5,8	23	-61,88	132,88	20,12	-90,17	-82	24	24	7,62
Cerro San Guisel Alto	5,8	23	-63,7	134,7	18,3	-87,73	-82	24	24	9,19

**TABLA N° III.XXV: Parámetros teóricos calculados para el desempeño de los radioenlaces de la Parroquia Juan Columbe Estación Cerro San Guisel.**

Comunidad	Frecuencia de Operación (Ghz)	Potencia de Transmisión (dBm)	Potencia de Recepción (dBm)	Atenuación del Espacio Libre (db)	Margen Umbral (db)	Margen de Desvanecimiento (db)	Sensibilidad del Rx (dBm)	Ganancia de antena Tx (dBi)	Ganancia de antena Rx (dBi)	Distancia (Km)
San Bernardo	5,8	23	-55,13	112,13	26,87	-118,9	-82	24	10	0,84
Llinllin Centro	5,8	23	-66,41	123,41	15,59	-102,98	-82	24	10	2,85
San Antonio de Columbe	5,8	23	-58,78	129,78	23,22	-94,32	-82	24	24	5,54

### 3.4.3 Interconexión entre parroquias del Canto Colta.

La administración de toda la infraestructura de la red se lo realizara desde el Gobierno Municipal de Colta a cargo del Ing. Fabián Ashqui Jefe del Departamento de Sistemas.



Figura III.21: Fotografía de los Exteriores del Gobierno Municipal de Colta – Villa la Unión

La interconexión será de la siguiente manera como lo podemos ver en la Tabla III.XXVI.

TABLA N° III.XXVI: Distancia entre Estaciones para los Repetidores a interconectar entre parroquias.

Distancias entre Dependencias		Distancias(Km)
Salida	Llegada	
Municipio de Colta	Cerro Cullca	1,1
Cerro Cullca	Cerro Tepeyac	13,95
Cerro Tepeyac	Cerro Pinipala	4,7
Cerro Cullca	Cerro Chacabamba	11,44
Cerro Cullca	Cerro Sindipamba	13,4
Cerro Sindipamba	Cerro Santo Tomas	7,35
Cerro Santo Tomas	Cerro San Guisel	9,19
Cerro Santo Tomas	Cerro Columbe	4,67

Descripción de cómo cubrirá cada estación con torres de alturas mínimas de 24 metros:

- La estación del Cerro Cullca cubrirá cuatro parroquias como son Villa La Unión, Juan de Velasco, Santiago de Quito, Columbe.

- La Estación del Cerro Tepeyac y Pinipala cubrirá a las comunidades de la parroquia Juan de Velasco.
- La Estación Cerro Sindipamba cubrirá a las comunidades de la parroquia Santiago de Quito.
- La Estación Cerro Chacabamba cubrirá a las comunidades de la parroquia Villa la Unión.
- La Estación Cerro Santo Tomas y el Cerro San Guisel cubrirá a las comunidades de la parroquia Columbe.

Perfil topográfico donde se obtiene el siguiente resultado de interconexión entre diferentes estaciones con la ayuda del Software Google Earth ver Figura III.22.

Para más información de puntos geográficos de las comunidades del Cantón Colta ver Anexo 1.

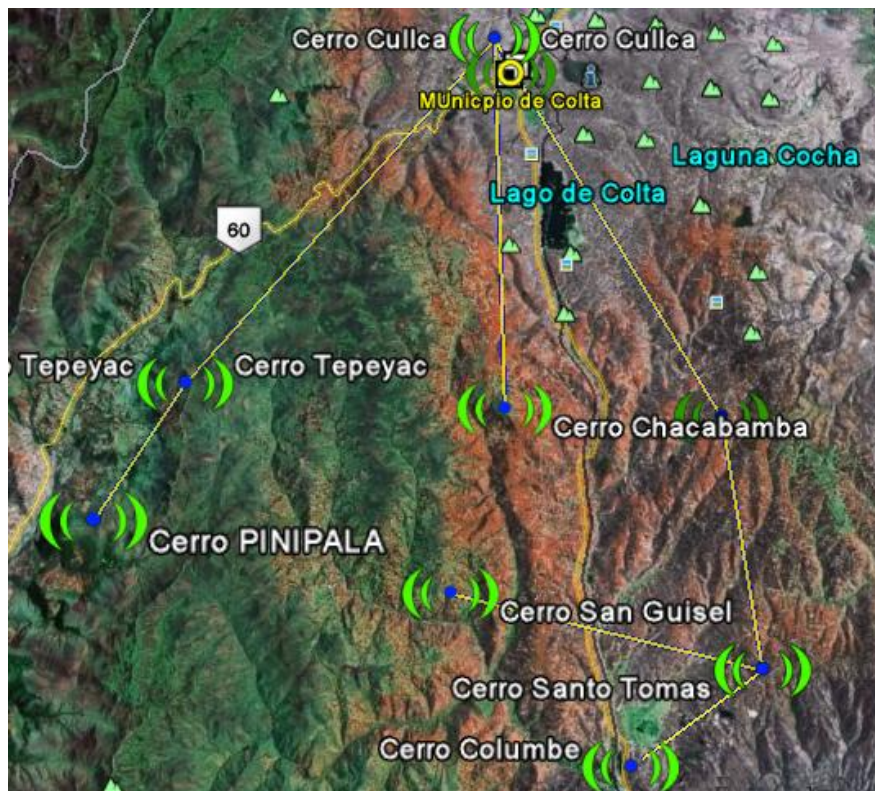


Figura III.22: Mapa topográfico de las ubicaciones de las diferentes estaciones a Interconectar las parroquias de Colta

### **3.5 EQUIPO SELECCIONADO PARA EL DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA**

Para seleccionar el equipo a utilizar, se ha revisado los catálogos técnicos obtenidos de las direcciones electrónicas de las empresas que proveen equipos de comunicación inalámbrica. Los equipos seleccionados permitirán la interconexión física de la Red de Telecomunicaciones. Se ha escogido tres alternativas de equipo, dentro de las cuales se elegirá al que mejor se ajuste a los requerimientos técnicos realizados en el presente Capítulo y posteriormente se realizará un estudio de costos de los mismos. A continuación se detallan los parámetros técnicos de cada alternativa y su utilización en el diseño de la red:

#### **Primera Alternativa**

La familia ISPAIR posee equipos inalámbricos de última tecnología basados en:

##### ***ISPAIR Multi-band Base Station 500 Series:***

Esta estación base pueden tener cuatro la antena panel sectoriales de 90 grados o tres antenas sectoriales de 120 grados, el ISPAIR multi-banda de la estación base ofrece conexión Internet y servicio de VoIP para ordenadores, portátiles, teléfono Wi-Fi o clientes de la red - LAN a grandes distancias, con línea de vista o sin línea de vista. Tiene funciones avanzadas de enrutamiento de redes como IP, QoS - calidad del servicio, firewall, servidor DHCP, NAT, Conformación de ancho de banda, HotSpot y otras tecnologías para crear un elegante y sencillo control de red Ver Figura III.23.





**Figura III.23: ISPAIR Multi-band Base Station 500 Series.**

A continuación se muestra en la Tabla III.XXVII los parámetros del Equipos Estación Base.

**TABLA N° III.XXVII: Parámetros del ISPAIR ISP-BS500AGUHP.**

<b>ISP-BS500AGUHP</b>	
<b>Modulos RF</b>	
<b>Frecuencias</b>	<b>Banda 4.9GHz:</b> 4940-4990MHz <b>Banda 5GHz:</b> 5150-5850MHz
<b>Técnica de Modulación</b>	<b>Banda 4.9GHz:</b> OFDM (BPSK,QPSK, 16-QAM, 64-QAM) <b>Banda 5GHz:</b> OFDM (BPSK,QPSK, 16-QAM, 64-QAM)
<b>Potencia de Salida</b>	<b>Banda 4.9/5GHz:</b> 26dBm@6-24Mbps 22dBm@54Mbps
<b>Sensibilidad de Recepción</b>	<b>Banda 4.9/5GHz:</b> -92dBm@6Mbps -74dBm@54Mbps
<b>Alcance</b>	32Km

#### **ISPAIR 54Mb CPE 500 Series**



**Figura III.24: ISPAIR ISPAIR 54Mb CPE 500 Series.**

Se usan para proveer a los usuarios finales acceso a Internet usando una arquitectura a 54Mbps en las bandas no licenciadas de 2.4GHz y 5GHz. Las conexiones inalámbricas de datos se implementan donde no existe infraestructura suficiente para el acceso a Internet o en lugares donde el ancho de banda ofrecido en determinados canales es

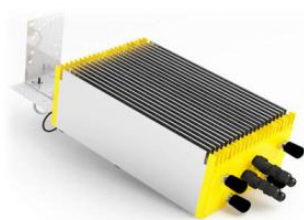
muy bajo. El Cliente CPE con Antena Integrada representa la solución inalámbrica más comprensible, la cual incluye un Router inalámbrico potente con características de Powerover Ethernet (PoE) todo integrado con una antena direccional de alta ganancia. La Antena Flat Panel ofrece una amplia cobertura territorial sin ninguna pérdida de señal y además el Inyector Powerover Ethernet le provee la capacidad de enviar la cantidad necesaria de datos. Ver Tabla III.XXVIII para sus especificaciones técnicas.

**TABLA N° III.XXVIII: Parámetros del ISPAIR ISP-BS500AGUHP.**

<b>ISP-BS500AGUHP</b>	
<b>Modulos RF</b>	
<b>Frecuencias</b>	<b>Banda 4.9GHz:</b> 4940-4990MH <b>Banda 5GHz:</b> 5150-5850MHz
<b>Técnica de Modulación</b>	<b>802.11a:</b> OFDM (BPSK,QPSK, 16-QAM, 64-QAM)
<b>Potencia de Salida</b>	26dBm en Radio / 50dBm en EIRP
<b>Sensibilidad de Recepción</b>	--90dBm@6Mb -70dBm@54Mb
<b>Alcance</b>	20 millas (32 Km)
<b>Antena</b>	24dBi

### Segunda Alternativa

El 954R Lobo es un servidor de red inalámbrica de uso múltiple con todas las características de gama alta, alta potencia y la sensibilidad no sólo permite conexiones de larga distancia, sino que también permite un mayor rendimiento que los sistemas estándar notablemente en definitiva enlaces a distancia.



**Figura III.25: LOBOMETRICS 954R.**

Ver Tabla III.XXIX para sus especificaciones técnicas.

TABLA N° III.XXIX: Parámetros del LOBOMETRICS 954R.

LOBOMETRICS 954R	
<b>Modulos RF</b>	
<b>Frecuencias</b>	4.920MHz - 6.100MHz
<b>Técnica de Modulación</b>	4.9GHz: OFDM (BPSK,QPSK, 16-QAM, 64-QAM) 5GHz: OFDM (BPSK,QPSK, 16-QAM, 64-QAM)
<b>Potencia de Salida</b>	26dB
<b>Sensibilidad de Recepción</b>	-105dBi
<b>Alcance</b>	Con antenas Sectoriales 120 grados: Enlace Físico: más de 110 kilómetros A baja velocidad: más de 30 kilómetros

***Ubiquiti Nanostation5 Ap / Cpe 250mw 14dbi Router Antena***



Figura III.26: Ubiquiti Nanostation5 Ap / Cpe 250mw 14dbi Router Antena.

Access Point de UBIQUITI modelo NS5 es un equipo potenciado de alta potencia 250mWatts que responde al estándar 802.11 a, operando con un ancho de banda de hasta 54Mbps. Este equipo trabaja en forma transparente con cualquier producto de otras marcas, bajo el estándar 802.11a. Resulta la solución ideal para entornos outdoor debido a su estructura de protección para intemperie. Ideal para enlaces inalámbricos HASTA 10KM en conjunto con otras antenas de mayor ganancia. Ver Tabla III.XXX para sus especificaciones técnicas.



TABLA N° III.XXX: Especificaciones Técnicas Ubiquiti Nanostation5.

Ubiquiti Nanostation5	
Modulos RF	
Frecuencias	5.475-5.825GHz
Técnica de Modulación	802.11a: OFDM (BPSK,QPSK, 16-QAM, 64-QAM)
Potencia de Salida	26dBm en Radio / 50dBm en EIRP
Sensibilidad de Recepción	--90dBm@6Mb -70dBm@54Mb
Alcance	10 Km
Antena	14dBi

### Tercera Alternativa

#### **ROCKET M5 RADIO BASE AIRMAX 2X2 MIMO**

Lo último en funcionamiento RF, Rocket es el radio base airMAX 2x2 MIMO. Es muy resistente, de alta potencia y de mayor rendimiento como receptor. Cuenta con increíbles características de rendimiento (hasta 50 km) y de velocidad (150 Mbps reales). El dispositivo fue diseñado específicamente como estación base airMAX punto multipunto y para enlaces de larga distancia con la antena tipo airMAX de 30 dBi.



Figura III.27: ROCKET M5.

A continuación ofrecemos las especificaciones técnicas

TABLA N° III.XXXI: Especificaciones Técnicas ROCKET M5.

ROCKET M5	
<b>Modulos RF</b>	
<b>Frecuencias</b>	5,47 - 5,825 GHz
<b>Técnica de Modulación</b>	OFDM
<b>Potencia de Salida</b>	27dBm (Max)
<b>Sensibilidad de Recepción</b>	-96dBm (max)
<b>Alcance</b>	20 Km
<b>Antena</b>	No tiene antena integrada, tiene 2 conectores SMA RP Hembra

**ACCESS POINT ENGENIUS EOC-5610****Figura III.28: Engenius EOC-5610.**

El Access Point de Engenius modelo EOC-5610 es un equipo de alta potencia 600mWatts que responde al estándar 802.11a/b/g, operando con un ancho de banda de hasta 108Mbps.

Este equipo trabaja en forma transparente con cualquier producto de otras marcas, bajo el estándar 802.11a/b/g. Resulta la solución ideal para entornos indoor y outdoor debido a su estructura de protección para intemperie.

TABLA N° III.XXXII: Especificaciones Técnicas Engenius EOC-510.

<b>ENGENIUS EOC-5610</b>	
<b>Modulos RF</b>	
<b>Frecuencias</b>	802.11a 5.150-5.350 GHz., 5.470-5.725 GHz., 5.725-5.825 GHz. 802.11802.11b/g 2.412~2.472GHz
<b>Técnica de Modulación</b>	OFDM = BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM DSSS = DBPSK, DQPSK, CCK
<b>Potencia de Salida</b>	5.150~5.825 GHz IEEE 802.11a 26dBm@6~24Mbps 24dBm@36Mbps 22dBm@48Mbps 20dBm@54Mbps 2.412~2.462 GHz IEEE 802.11g 26dBm@6~24Mbps 25dBm@36Mbps 23dBm@48Mbps 22dBm@54Mbps 2.412~2.462 GHz IEEE 802.11b 27dBm@1~11Mbps
<b>Sensibilidad de Recepción</b>	802.11A -92 dBm @ 6Mbps -73 dBm @ 54Mbps 802.11g -92 dBm @ 6Mbps -74 dBm @ 54Mbps 802.11b -97 dBm @ 1Mbps -89 dBm @ 11Mbps
<b>Alcance</b>	Hasta 30km
<b>Antena</b>	5dBi tipo panel para 2.4 GHz y 13 dBi para 5.8GHz

Después de indicar cada una de las alternativas a utilizarse en el diseño, se muestra a continuación en la Tabla III.XXXIII y Tabla III.XXXIV el Cuadro Comparativo de las tres alternativas.

TABLA N° III.XXXIII: Características de las Estaciones Bases.

	PRIMERA ALTERNATIVA	SEGUNDA ALTERNATIVA	TERCERA ALTERNATIVA
<b>Modulos RF</b>	<b>ISP-BS500AGUHP</b>	<b>LOBOMETRICS 954R</b>	<b>ROCKET M5</b>
<b>Frecuencias</b>	<b>Banda 4.9GHz:</b> 4940-4990MHz <b>Banda 5GHz:</b> 5150-5850MHz	4.920MHz - 6.100MHz	5,47 - 5,825 GHz
<b>Técnica de Modulación</b>	<b>Banda 4.9GHz:</b> OFDM (BPSK,QPSK, 16-QAM, 64-QAM) <b>Banda 5GHz:</b> OFDM (BPSK,QPSK, 16-QAM, 64-QAM)	4.9GHz: OFDM (BPSK,QPSK, 16-QAM, 64-QAM) 5GHz: OFDM (BPSK,QPSK, 16-QAM, 64-QAM)	OFDM (BPSK,QPSK, 16-QAM, 64-QAM)
<b>Potencia de Salida</b>	<b>Banda 4.9/5GHz:</b> 26dBm@6-24Mbps 22dBm@54Mbps	26dB	27dBm (Max)
<b>Sensibilidad de Recepción</b>	<b>Banda 4.9/5GHz:</b> -92dBm@6Mbps -74dBm@54Mbps	-105dBi	-96dBm (max)
<b>Alcance</b>	32Km	Con antenas Sectoriales 120 grados: Enlace Físico: más de 110 kilómetros A baja velocidad: más de 30 kilómetros	20 Km

TABLA N° III.XXXIV: Características de los Clientes o Suscriptores.

	PRIMERA ALTERNATIVA	SEGUNDA ALTERNATIVA	TERCERA ALTERNATIVA
<b>Modulos RF</b>	<b>ISP-BS500AGUHP</b>	<b>Ubiquiti Nanostation5</b>	<b>ENGENIUS EOC-5610</b>
<b>Frecuencias</b>	<b>Banda 4.9GHz:</b> 4940-4990MH <b>Banda 5GHz:</b> 5150-5850MHz	5.475-5.825GHz	802.11a 5.150-5.350 GHz., 5.470-5.725 GHz., 5.725-5.825 GHz.
<b>Técnica de Modulación</b>	<b>802.11a:</b> OFDM (BPSK,QPSK, 16-QAM, 64-QAM)	<b>802.11a:</b> OFDM (BPSK,QPSK, 16-QAM, 64-QAM)	OFDM = BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM DSSS = DBPSK, DQPSK, CCK
<b>Potencia de Salida</b>	26dBm en Radio / 50dBm en EIRP	26dBm en Radio / 50dBm en EIRP	26dBm@6~24Mbps 24dBm@36Mbps 22dBm@48Mbps 20dBm@54Mbps
<b>Sensibilidad de Recepción</b>	-90dBm@6Mb -70dBm@54Mb	-90dBm@6Mb -70dBm@54Mb	-92 dBm @ 6Mbps -74 dBm @ 54Mbps
<b>Alcance</b>	20 millas (32 Km)	10 Km	Hasta 30km
<b>Antena</b>	24dBi	14dBi	5dBi tipo panel para 2.4 GHz y 13 dBi para 5.8GHz

Como se puede observar las tres alternativas de equipos cumplen con los requerimientos necesarios para el diseño de la red. Para elegir una de estas alternativas se ha realizado una comparación entre cada uno de los parámetros mostrados en la Tabla III.XXXIII y Tabla III.XXXIV. Finalmente de las comparaciones de los parámetros técnicos de las tres alternativas se elige a la segunda para los estaciones bases y clientes como la que más se acopla al diseño de la red, por cumplir con los parámetros necesarios para su buena operación.

### **3.6 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LA RED**

La información necesaria para elaborar las tablas con la estimación de costos fueron obtenidas casi en su totalidad de Internet, debido a la facilidad que este medio proporciona para acceder a los productos que, cumpliendo con las características requeridas, satisfagan las diferentes necesidades de los usuarios, quienes pueden decidir de esta gama de productos, considerando la funcionalidad del equipo y el precio.

Los principales elementos a considerar en la estimación de costos son:

- Compra de equipo
- Instalación
- Calibración y puesta en marcha

#### **3.6.1 Costos De Equipos Y Accesorios**

##### **3.6.1.1 Primera alternativa**

La inversión estimada para realizar la interconexión considerando la Familia ISPAIR se resume en la Tabla III.XXXV.

TABLA N° III.XXXV: Costos de la Familia ISPAIR<sup>5</sup>

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO(USD)	PRECIO TOTAL(USD)
8	ISPAIR Multi-band Base Station 500 Series	1450,00	11600,00
28	ISPAIR 54Mb CPE 500 Series	350,00	9800,00
24	airMAX- Antena 90 Degree 5 Ghz MIMO 20 dbi Sector con cable	261,00	6264,00
24	Pigtail u.fl NF Bulkhead 12"	25,00	600,00
36	POE Ubiquiti 15 V - 0,8 A con cable de poder	20,00	720,00
SUBTOTAL			<b>28984,00</b>

### 3.6.1.2 Segunda alternativa

La inversión estimada para realizar la interconexión se resume en la Tabla III.XXXVI.

TABLA N° III.XXXVI: Costos de la Familia LoboMetrics y NanoSation.<sup>6</sup>

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO(USD)	PRECIO TOTAL(USD)
16	RADIO LOBOMETRICS DOBLE, 400 mW, estándar 802.11a	1500,00	24000,00
16	Antena Parabólica 5.8 Ghz 30 dBi	450,00	7200,00
28	RADIOS UBIQUITI NANO STATION 5	150,00	4200,00
28	ANTENA SECTORIAL 5,8 Ghz.17 dBi	400,00	11200,00
44	Pigtail u.fl NF Bulkhead 12"	25,00	1100,00
44	POE Ubiquiti 15 V - 0,8 A con cable de poder	20,00	880,00
SUBTOTAL			<b>48580,00</b>

### 3.6.1.3 Tercera alternativa

La inversión estimada para realizar la interconexión se resume en la Tabla III.XXXVII.

<sup>5</sup>Cotización de la Empresa SABBIA

[http://www.sabbia.com.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=129](http://www.sabbia.com.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=129)

<sup>6</sup>Cotización de la Empresa OFTELSAT de la ciudad de Quito por el Ing. Paco Oyala Pabon - e-mail: info@oftelsat.com

TABLA Nº III.XXXVII: Cotización de equipos.<sup>7</sup>

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO(USD)	PRECIO TOTAL(USD)
16	ROCKET M5	210,00	3360,00
28	ENGENIUS EOC-5610	170,00	4760,00
24	Antenas Sectoriales Hyperlink de 20 dbi	420,00	10080,00
44	Pigtail u.fl NF Bulkhead 12"	25,00	1100,00
44	POE Ubiquiti 15 V - 0,8 A con cable de poder	20,00	880,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>20180,00</b>

### 3.6.1.2 Costo de Instalación

Los costos de montaje, calibración, programación y puesta en marcha se detallan en la Tabla III.XXXVIII son datos proporcionados por una empresa especializada en enlaces inalámbricos a nivel nacional como es SIDEPRO.

TABLA Nº III.XXXVIII: Cotización de Montaje, calibración, programación de equipos.

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO(USD)	PRECIO TOTAL(USD)
24	Montaje, calibración, programación y mano de obra Radio Bases	390,00	9360,00
28	Montaje, calibración, programación y mano de obra Estaciones Suscriptores	120,00	3360,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>12720,00</b>

## 3.7 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

La Tabla III.XXXIX presentan el costo total para la futura implementación de la red propuesta, este costo es un precio referencial que puede variar, pero muestra una idea del capital que se necesita para la implementación de la red.

<sup>7</sup>Cotización empresa aire.ec soluciones wireless correo ventas@aire.ec, <http://aire.ec/Home.html>

TABLA N° III.XXXIX: Costo Total de inversión.

DESCRIPCION	PRECIO TOTAL(USD)
Equipos	48580,00
Instalación, calibración y puesta en marcha	12720,00
<b>TOTAL</b>	<b>61300,00</b>

### **3.8 REQUISITOS PARA OBTENER EL PERMISO PARA LA EXPLOTACIÓN DE REDES PRIVADAS**

Debemos reportar al CONATEL el uso de la red privada para la implementación de la red se debe realizar los trámites respectivos con la SENATEL entregando los formularios que permitan el uso legal de las frecuencias, para ello se toma en cuenta a la Norma para la implementación y operación de Sistemas de Modulación de Banda Ancha, la que regula los parámetros técnicos que debe tener un equipo para su buen funcionamiento dentro del espectro radio eléctrico. En el Anexo 2 ponemos a consideración los Requisitos e Instructivo Formularios De Concesión De Frecuencias.

### **3.9 INSTALACIÓN DE LA PRIMERA ETAPA**

A continuación se mostrarán los equipos instalados en la primera fase del Sistema de Comunicación Inalámbrica para el Gobierno Municipal de Colta.

#### **Propuesta Análisis, diseño e Implementación de un Sistema de Comunicación inalámbrica para el servicio de internet en el cantón Colta Fase I**

##### **3.9.1 Diseño de los Radio Enlaces**

En el sector del Cantón Colta funcionan alrededor de 203 establecimientos educativos rurales de las cuales no tienen acceso Internet. Los establecimientos educativos se



encuentran zonas montañosas, algunas de ellas se encuentran a distancias considerables y el acceso terrestre en la mayoría de los casos es muy limitado.

Este conjunto de factores son evidentemente obstáculos importantes a la hora de efectuar una planificación de red y por tanto, se han debido de escoger los puntos de red adecuados para dar inicio a la primera etapa del proyecto y a las futuras conexiones. En la Figura III.29 Se muestra la posición geográfica de las Principales Entidades Educativas a interconectarse.

Estas son:

- Municipio de Colta ubicada en la Villa la Unión
- Cerro Cullca en la villa la Unión
- Biblioteca Virtual ubicada en la Villa la Unión
- Unidad Educativa “Amable Rosero” - Gatazo Zambrano
- Colegio “15 de Agosto” - Gatazo Chico
- Casa Comunal de Colta Monjas Alto

Todas las Entidades apuntan a un sitio en común ubicado en las Antenas del Cerro Cullca, donde se tiene línea de vista ver Figura III.30.

Ubicación Geográfica detallada de las principales Entidades Educativas a interconectarse.

A continuación se detalla las posiciones geográficas de los puntos a interconectar, en el diseño de la red.

**TABLA Nº III.XL: Posiciones Geográficas (Fase I).**

<b>Sitio</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Altitud</b>
Cullca	01°41'35"S 078°46'35"O	3415,0m
Municipio de Colta	01°42'04"S 078°46'19"O	3224,0m
Gatazo Zambrano	01°40'06"S 078°44'42"O	3415,0m
Colta Monjas Alto	01°44'44"S 078°46'11"O	3564,0m
Gatazo Chico	01°40'02"S 078°44'24"O	3152,0m

Con la ubicación de puntos principales a interconectar se procede a mostrar en la Tabla III.XLI las distancias entre las dependencias.

**TABLA Nº III.XLI: Distancia entre estaciones y las Antenas del Cerro Culca(Fase I).**

Distancias entre Dependencias		Km
Cerro Culca	Municipio de Colta	1,02
Cerro Culca	Gatazo Zambrano	4,43
Cerro Culca	Colta Monjas Alto	5,88
Cerro Culca	Gatazo Chico	4,94



**Figura III.29: Diagrama de Red a interconectar (Fase I).**

En la Figura III.29 se muestra detalladamente la Red de Telecomunicaciones a interconectar con ayuda del Software Google Earth.

TABLA N° III.XLII: Parámetros calculados para el desempeño de los radioenlaces (Fase I).

Parámetro	Enlaces			
	Colta Monjas Alto	Municipio de Colta	Gatazo Zambrano	Gatazo Chico
Frecuencia de Operación:	5,8 Ghz	5,8 Ghz	5,8 Ghz	5,8 Ghz
Potencia de Transmisión:	23 dBm	23 dBm	23 dBm	23 dBm
Potencia de Recepción:	-44,52 dBm	-29,30 dBm	-42,06 dBm	-43,00 dBm
Atenuación del Espacio Libre:	123,06 dB	107,84 dB	120,60 dB	123,06 dB
Margen Umbral:	37,48 dB	52,70 dB	39,94 dB	37,48 dB
Margen de Desvanecimiento:	-93,54 dB	-116,37 dB	-97,23 dB	-93,54 dB
Sensibilidad del Rx:	-82 dBm	-82 dBm	-82 dBm	-82 dBm
Ganancia de antena Tx:	17 dBi	17 dBi	17 dBi	17 dBi
Ganancia de antena Rx:	17 dBi	17 dBi	17 dBi	17 dBi
Distancia:	5,88 Km	1,02 Km	4,43 Km	4,94 Km



Figura III.30: Ubicación Geográfica de las Principales Dependencias y su punto geográfico en común (Fase I).



### 3.9.2 Determinación de los Parámetros de Desempeño de los Radioenlaces.

Para los radioenlaces se toma en cuenta los siguientes parámetros: Frecuencia del enlace, distancia, Potencia de Transmisión, ganancia de las antenas, tanto transmisora como receptora, perdidas de branching, perdidas por los conectores y líneas de transmisión, todos estos parámetros se esquematizan ver en la Tabla III.XLII.

### 3.9.3 Perfiles Topográficos de los Radioenlaces.

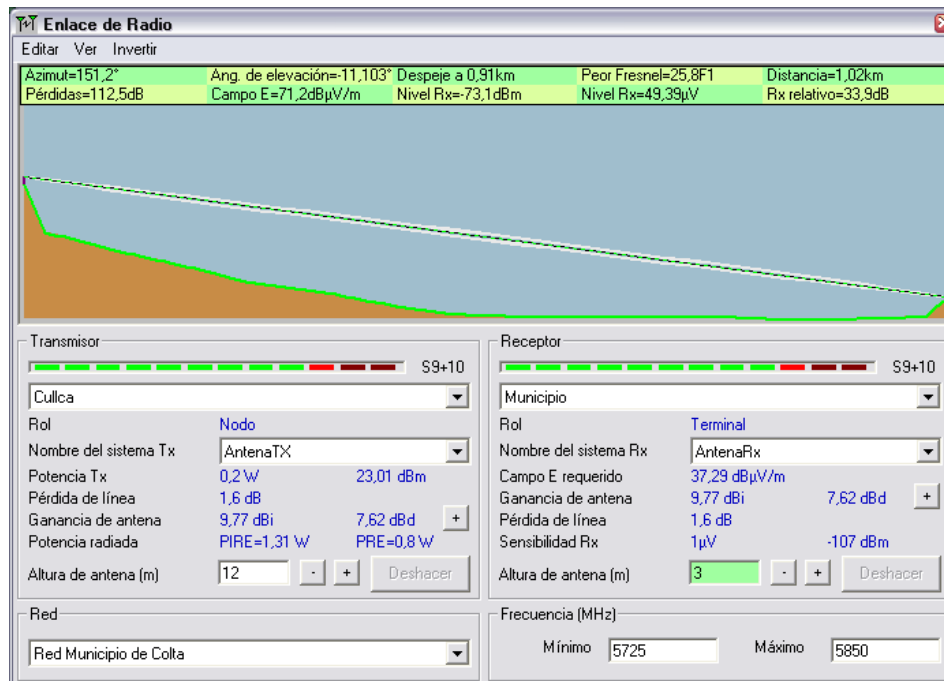
Se utilizó el programa Radio Mobile versión 10.4.7, para graficar el perfil topográfico y determinar el despeje de la zona de fresnel.

De donde se obtiene el siguiente resultado con las dependencias a interconectar, en la Figura III.31.



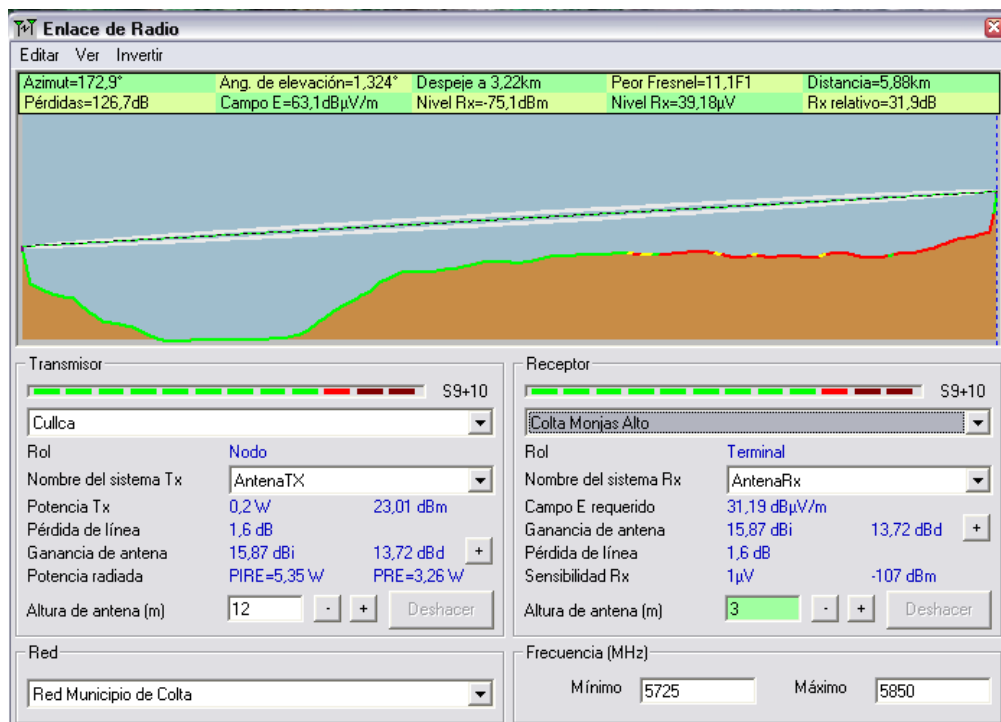
Figura III.31: Mapa topográfico de las ubicaciones de las Dependencias a Interconectar (Fase I).

A continuación, en la Figura III.32, se presenta el perfil topográfico tomado desde el Cerro Cullca a la Matriz del Municipio de Colta.



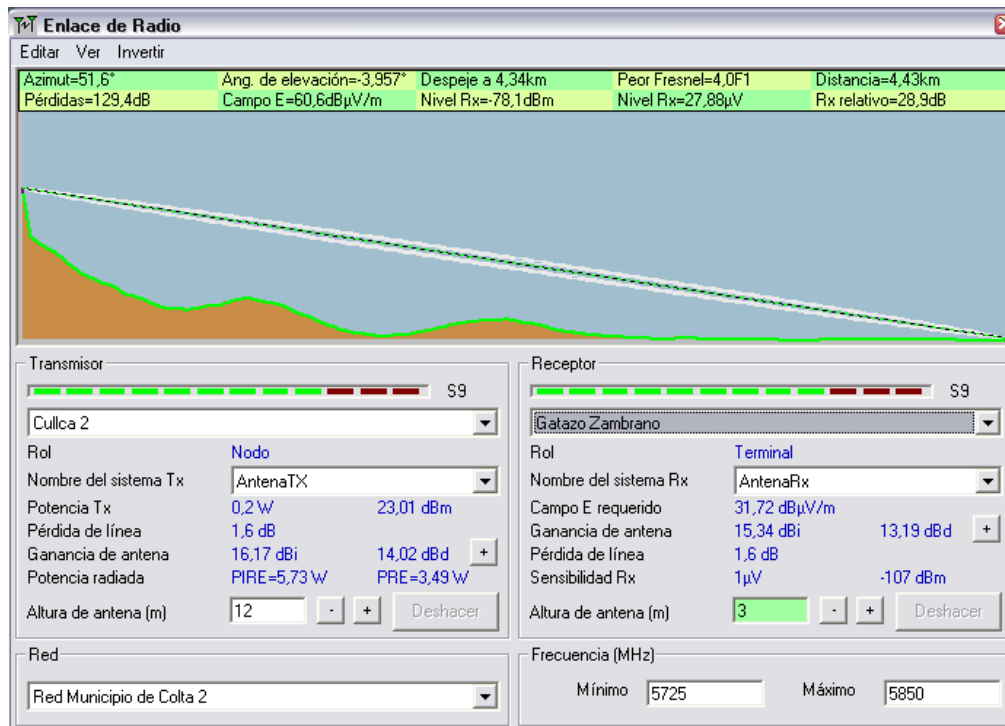
**Figura III.292: Perfil Topográfico Cerro Cullca – Municipio de Colta.**

En la Figura III.33 se presenta el perfil topográfico del enlace Cerro Cullca – Colta Monjas Alto.



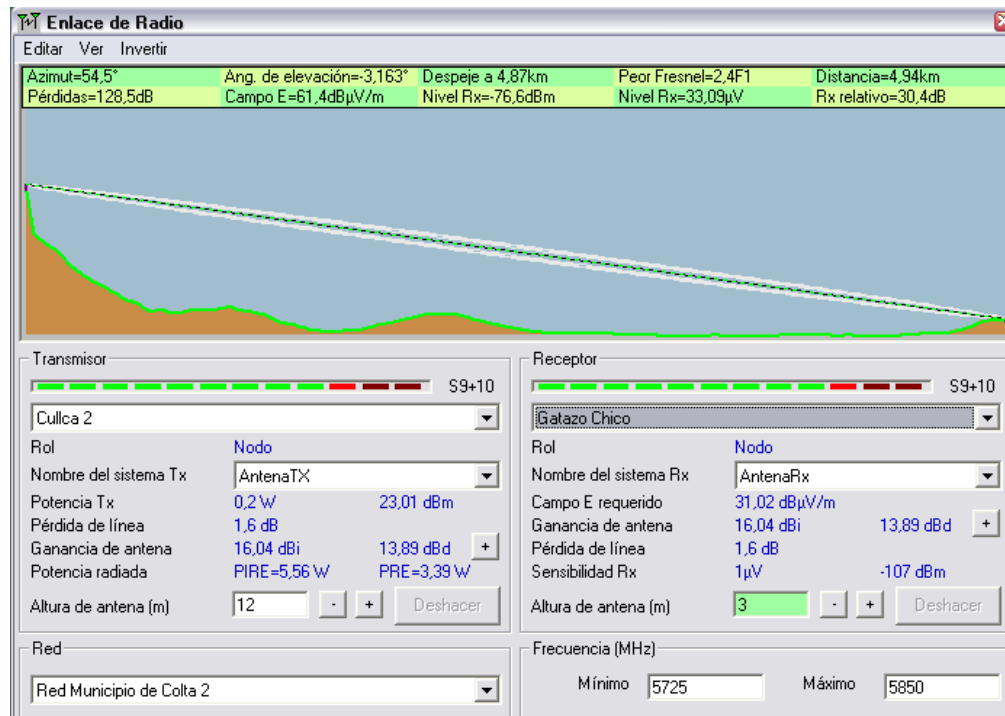
**Figura III.303: Perfil Topográfico Cerro Cullca – Colta Monjas Alto**

En la Figura III.34 se muestra por otro lado el Perfil Topográfico del Cerro Cullca – Gatazo Zambrano



**Figura III.314: Perfil Topográfico Cerro Cullca – Gatazo Zambrano**

En la Figura III.35 se indica esta vez el Perfil Topográfico Cerro Cullca- Gatazo Chico.



**Figura III.35: Perfil Topográfico Cerro Cullca – Gatazo Chico.**

La red inalámbrica a implementarse en el Gobierno Municipal de Colta, implementara de equipos de radio bases conforme al grafico siguiente:

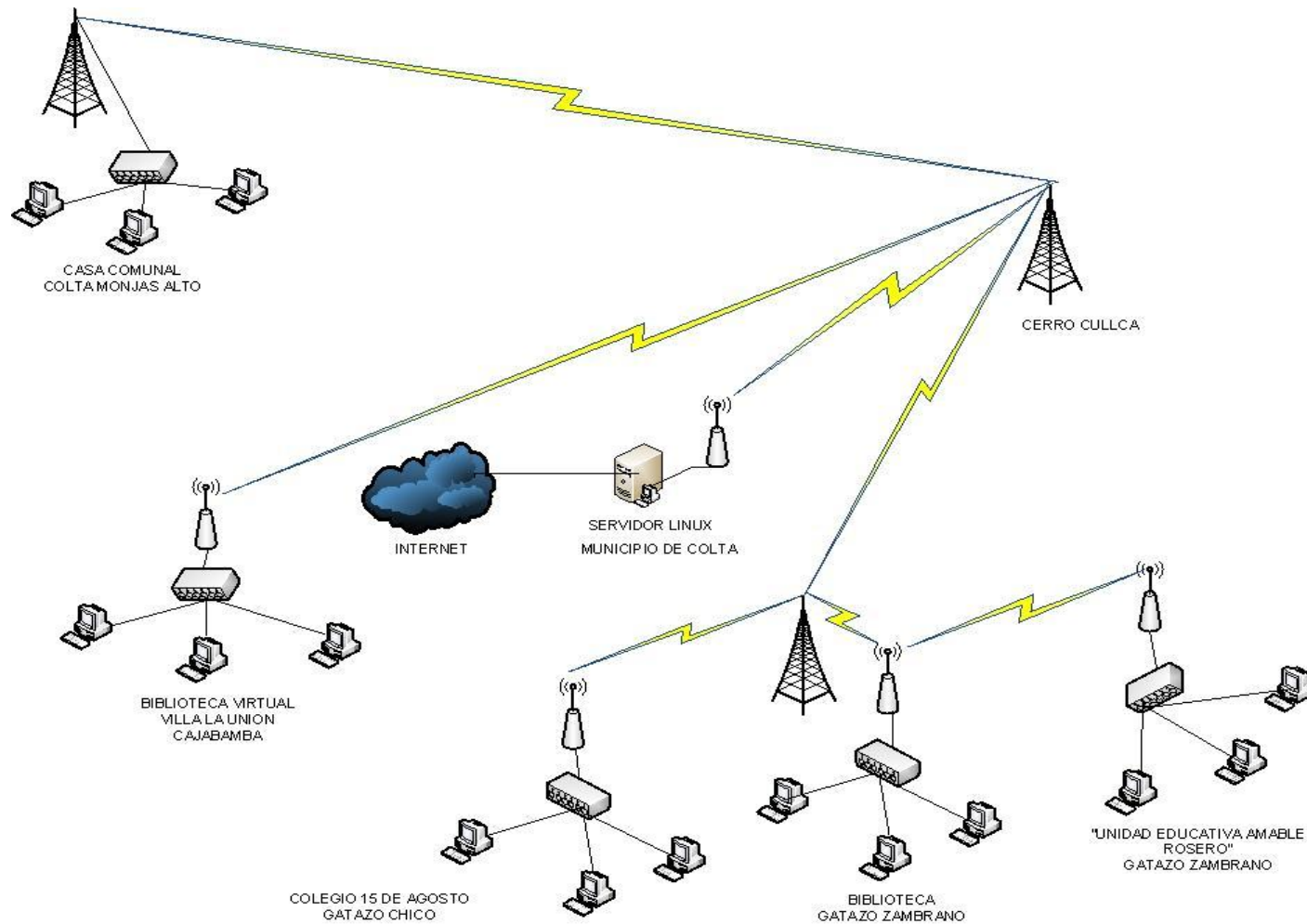


Figura III.326: Red inalámbrica a implementarse para el Gobierno Municipal de Colta (Fase I).

### 3.9.4 Costo de Instalación Primera Etapa.

TABLA N° III.XLIII: Costos de la Instalación y Operación de la Fase I.

DESCRIPCION	PRECIO TOTAL(USD)
Equipos	25032,00
Instalación, calibración y puesta en marcha	2850,00
<b>TOTAL</b>	<b>27882,00</b>

### 3.9.5 Proceso de Instalación de equipos y torres.

En la Figura III.37, se muestra la torre de 6m, ubicación que fue seleccionada por estar alejada de cables de tensión y árboles que dificulten su instalación, además la torre se encuentra instalada sobre una estructura que está cercada para evitar hurto del equipo.



Figura III.37: Torre de 6 m. ubicada en el cerro de Cullca.



A continuación se muestran los equipos instalados en la torre, que proveerán de internet a las instituciones educativas asignadas en la primera fase del Sistema de Comunicaciones Inalámbrica del Gobierno Municipal de Colta.



**Figura III.338: Equipos instalados en la torre.**



**Figura III.349: Estación base MicroMax, Antena FlexNet, Caja estanca.**

Para este equipamiento se dispone energía de 220 voltios directos a la torre a más de un UPS que proporcionará energía temporal en caso de problemas de voltaje.



**Figura III.40: Disposición del equipamiento de la caja estanca.**



**Figura III.41: Aterrizaje completo.**

Antena Instalada en el municipio, encargada de brindar el servicio de internet a sus comunidades ver Figura III.42.



**Figura III.352: Antena de transmisión de servicio de internet desde el Municipio de Colta – Villa la Unión.**

La escuela Fiscal Dr. Amable Rosero León, ubicada en la comunidad de Gatazo Zambrano es el primer punto que se beneficia de la recepción de internet de la Fase I del proyecto de red inalámbrica.



Figura III.363: Escuela Fiscal Dr. Amable Rosero León.



Figura III.374: Antena 19 dBi, Mástil con peldaños, CPE ProST, en Gatazo Zambrano.



Figura III.385: Equipamiento de energía, router inalámbrico a una altura de 2.50 m del piso, en Gatazo Zambrano.



**Figura III.396: Laboratorio de computación de la escuela Fiscal Dr. Amable Rosero León en Gatazo Zambrano.**

Otro punto concerniente a la Fase I del proyecto fue el Colegio Nacional 15 de Agosto de la comunidad Gatazo Chico.



**Figura III.407: Mástil con peldaños, CPE ProST en Gatazo Chico.**



**Figura III.418: Equipamiento de energía, router inalámbrico a una altura de 2.30 m en Gatazo Chico.**





**Figura III.429: Laboratorio de computación del Colegio Nacional 15 de Agosto en Gatazo Chico.**

El siguiente punto donde se instaló el equipo del sistema de red inalámbrica fue el Colegio Nacional Santiago de Quito de la comunidad Santiago de Quito.



**Figura III.50: Antena 19 dBi, Mástil con peldaños, CPE ProST en la comunidad Santiago de Quito.**



**Figura III.51: Equipamiento de energía, router inalámbrico a una altura de 2.10 m en la comunidad Santiago de Quito.**



**Figura III.52: Laboratorio de computación Colegio Nacional Santiago de Quito.**

## **CAPITULO IV**

### **4 DISEÑO DE EXPERIMENTOS**

El presente capítulo diseña experimentos para determinar las combinaciones de distancia, potencia, canal de frecuencia, configuración lógica de la red y condiciones meteorológicas; que generan un mejor rendimiento y disponibilidad del diseño DRI<sup>8</sup>, descrito anteriormente.

El proceso para el diseño de experimentos es: Formular la hipótesis preliminar sobre las situaciones y parámetros que afectan el rendimiento y disponibilidad del DRI, diseñar un escenario con los elementos necesarios del DRI, para realizar los experimentos, identificar las variables dependientes, que permiten determinar: el rendimiento la disponibilidad y las condiciones y valores de los parámetros que

---

<sup>8</sup> DRI Diseño de Red Inalámbrica

influyen en el DRI y finalmente diseñar la hipótesis definitiva, en base al escenario, las variables dependientes e independientes.

Una vez formuladas las hipótesis definitivas, el escenario, las variables dependientes e independientes, se establece el procedimiento y las configuraciones específicas para cada experimento para obtener un conjunto de ensayos distintos, que agrupan las combinaciones de los valores definidos para cada variable independiente. Finalmente, los experimentos son ejecutados utilizando un mismo procedimiento en el escenario definido para el DRI.

#### **4.1 EXPERIMENTOS DE RENDIMIENTO.**

En este punto se definirá la hipótesis preliminar y el escenario para la ejecución de los experimentos de rendimiento del DRI.

##### **4.1.1 Hipótesis Preliminar**

Con el diseño de la infraestructura de comunicación inalámbrica para el Gobierno Municipal de Colta mediante la aplicación de Wireless Distribution System (WDS), se demostrara la factibilidad técnica de servicios de interconexión con el municipio.

Con la descripción del DRI determinamos las variables que alteran el rendimiento y disponibilidad del sistema.

Las variables identificadas son: La distancia, potencia, canal de frecuencia, configuración lógica de la red y las condiciones meteorológicas, que afectan directamente a las ondas electromagnéticas de los puntos de acceso.

Al identificar las variables que afectan al DRI desarrollamos la siguiente hipótesis preliminar: El DRI tiene un mejor rendimiento y disponibilidad bajo alguna de las combinaciones de potencia, canal de frecuencia y distancia.



#### 4.1.2 Definición Del Escenario Para Ejecución De Experimentos

##### Selección de la Tecnología Inalámbrica.

Como parte del prototipo de la red inalámbrica de área local (WLAN) se consideró al estándar 802.11g como fase inicial.

**TABLA N° IV.XLIV: Característica del 802.11g.**

Característica	802.11g
<b>Desempeño</b>	Soporte para los estándares de alto rendimiento, células mixtas y operación en la banda de 2.4 GHz tiene una capacidad de salida ligeramente menor que la de 802.11a
<b>Capacidad</b>	Con tres canales no solapados proporciona una capacidad total de 162 Mbps
<b>Rango</b>	Permiten un rango de cobertura de mayor tamaño que con 802.11a
<b>Interferencia</b>	A 2.4 Ghz se presentan problemas de saturación con otros dispositivos.
<b>Compatibilidad</b>	Proporciona características importantes de compatibilidad con productos anteriores de 802.11b
<b>Flexibilidad de instalación</b>	Al igual que 802.11b permite antenas de 2.4 GHz auxiliares que pueden estar directamente conectadas o conectadas a través de cables.
<b>Implementación</b>	Se tiene que para un área de cobertura grande es suficiente la implantación de pocos Puntos de Acceso.

##### EQUIPOS PARA EL DISEÑO

Se han elegido los productos basados en el estándar 802.11g por sus características, además todos los dispositivos de la infraestructura de Red Inalámbrica tuvieron que ser compatibles entre ellos.

La velocidad de transmisión de una conexión inalámbrica depende del nivel de potencia del Punto de Acceso y de la sensibilidad del dispositivo receptor.

En muchos casos para incrementar la velocidad de transmisión se debe incluir una o varias antenas de mayor ganancia, de esta forma la potencia y la calidad de la señal mejoran considerablemente.

Las antenas omnidireccionales transmiten en todas las direcciones en un radio de 360 grados, por lo que su alcance es generalmente menor que los otros tipos de antenas.

Los CPE utilizados son 3 Nanostation 2, ver Figura IV.53:



**Figura IV.433: Nanostation 2.**

El escenario tiene solo los elementos necesarios, para obtener datos de rendimiento y disponibilidad. El escenario está constituido por los siguientes elementos del DRI (ver Figura IV.56 y Figura IV.63):

1. Un BSS denominado nodo principal (Nodo Uno - Olivos), donde son ejecutadas las aplicaciones y almacenados los datos de los experimentos. El nodo principal tiene los siguientes elementos:

- a. Cliente
- b. Servidor
- c. Punto de acceso

2. Un segundo BSS denominado nodo Access Point WDS (Nodo Dos - Montalvo), que esta interconectado al nodo principal de forma inalámbrica. El nodo secundario tiene los siguientes elementos:

- a. Cliente
- b. Punto de acceso

3. Un Tercer BSS denominado nodo Estación WDS (Nodo Tres - Merced), que esta interconectado al nodo principal de forma inalámbrica. Este nodo tiene los siguientes elementos:

- a. Cliente
- b. Punto de acceso

El nodo principal comprueba la disponibilidad y rendimiento del nodo dos y tres durante la realización de los experimentos.

La estación servidor del Nodo Uno cuenta con sistema operativo Elastix y Windows Xp, que permite la ejecución de aplicaciones monitoreo de la red y almacena los resultados obtenidos de cada experimento. Las estaciones clientes permiten conectarse al servidor o al punto de acceso, para configurar o monitorear las pruebas de los experimentos.

## **4.2 CONDICIONES AMBIENTALES**

Las condiciones ambientales establecen las variables que participan en el diseño de los experimentos. Las variables identificadas son agrupadas en variables dependientes como el rendimiento y disponibilidad, que son afectadas por las variables independientes.

En base a la descripción realizada en el capítulo tres y las hipótesis preliminares definidas en los puntos 4.1.1 y 4.2.1 son establecidas las siguientes variables:

**Variables independientes:** Distancia, potencia de transmisión y canal de frecuencia de los puntos de acceso y configuración lógica de la red. El tiempo atmosférico es tomado como una variable adicional que será monitoreada para determinar su influencia en el diseño.

**Variables dependientes:** Rendimiento y Disponibilidad.

### **4.2.1 Variables Dependientes**

Variable dependiente es aquella variable, que se mide en cada observación del experimento, para establecer si la variable independiente influye efectivamente sobre sus valores. Las variables dependientes que van a ser registradas son: el rendimiento y

la disponibilidad. Cada variable y el método utilizado para capturarla información de las mismas en el desarrollo de los experimentos, están detallados en este capítulo.

#### **4.2.1.1 Rendimiento**

El rendimiento refleja si una red de computadoras está funcionando en forma óptima.

El rendimiento es medido o cuantificado usando las siguientes variables:

Tasa de Transmisión y Rendimiento a nivel de aplicación

#### **4.2.1.2 Disponibilidad**

La disponibilidad es el tiempo en el cual existe comunicación en una red. En el diseño la disponibilidad es el tiempo en el cual existe el enlace y comunicación entre los nodos principal y secundario.

La disponibilidad considera que, cada punto de acceso siempre está funcionando y que la única razón por la cual no exista comunicación entre los nodos, es por causa de una pérdida o caída del enlace. Para determinar la disponibilidad del enlace nos basaremos en la herramienta Ping que brinda datos sobre la existencia o no del enlace entre los nodos.

#### **4.2.2 Variables Independientes**

Las variables independientes influyen en los valores de rendimiento y disponibilidad del enlace. Al determinar la hipótesis preliminar, establecimos de forma general las variables que afectan el desempeño de la red, por lo cual es necesario definir de forma específica cada variable y los valores que tomarán en cada experimento. Una variable que tiene un tratamiento diferente por su naturaleza, es el tiempo meteorológico, la misma que no puede ser definida directamente.

#### 4.2.2.1 Distancia

La distancia es una magnitud escalar, que mide la relación de lejanía entre dos puntos.

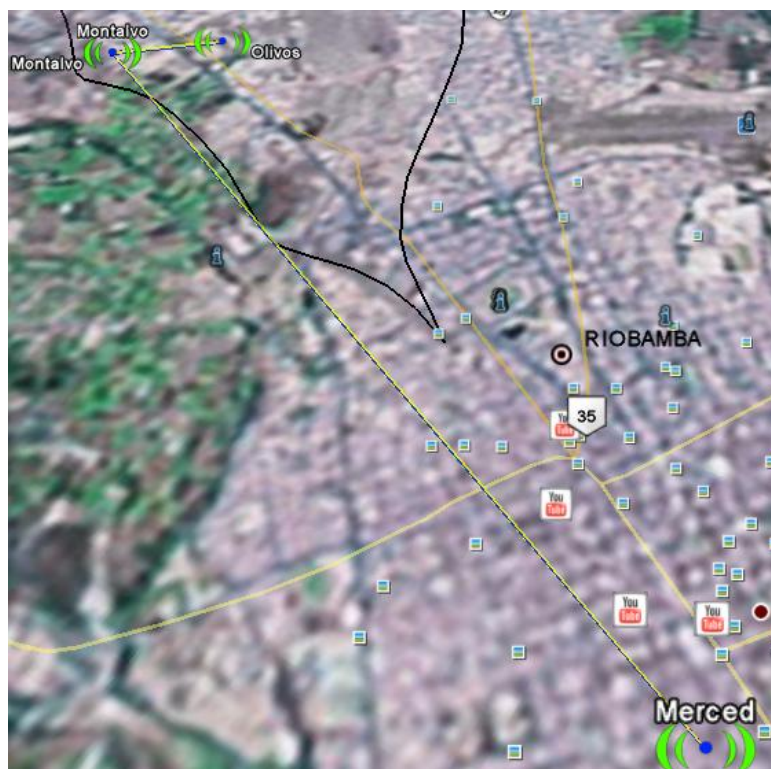
La distancia entre los nodos uno, nodo dos y tres del escenario del diseño puede influir en el rendimiento y disponibilidad del sistema, por esta razón planteamos variar la ubicación del nodo dos y tres para obtener diferentes valores de distancia entre los nodos. A continuación definimos dos ubicaciones para el nodo dos y tres, con la finalidad de variar la distancia.

##### 4.2.2.1.1 Distancia Uno

El nodo principal está localizado en la ciudad de Riobamba, sector ciudadela Los Olivos denominado punto Olivo y el nodo secundario localizado en la misma ciudad, sector de la Ciudadela Juan Montalvo denominado punto Montalvo. Los dos puntos definidos representan la ubicación Uno con una distancia entre ellos de 520 metros, con la ayuda del software Google Earth podemos ver la Figura IV.54.



Figura IV.444: Enlace entre el Nodo Olivos y Nodo Montalvo.



**Figura IV.455: Enlace entre el Nodo Merced y Nodo Montalvo.**

Las coordenadas de los dos puntos se encuentran en la Tabla IV.XLV.

**TABLA N° IV.XLV: Ubicación del Nodo Olivos y Nodo Montalvo.**

Sitio	Ubicación	Altitud
Olivos	01°39'35"S 078°40'42"O	2808,0m
Montalvo	01°39'46"S 078°40'54"O	2812,7m

#### 4.2.2.1.2 Distancia Dos

Para la siguiente ubicación se encuentran en las Calles 5 de Junio y Chile sector de la Merced denominado el punto Merced, que se une con el punto dos a 4,11Km como lo podemos ver en la Figura IV.55.

Las coordenadas de los dos puntos se encuentran en la Tabla IV.XLVI.

**TABLA N° IV.XLVI: Ubicación del Nodo Merced y Nodo Montalvo.**

Sitio	Ubicación	Altitud
Merced	01°40'40"S 078°38'52"O	2751,0m
Montalvo	01°39'46"S 078°40'54"O	2812,7m

#### **4.2.2.2 Potencia de transmisión**

El Access Point de UBIQUITI modelo NS2 es un equipo de alta potencia 400mWatts que responde al estándar 802.11b/g, operando con un ancho de banda de hasta 54Mbps. Cada punto de acceso utiliza el mismo nivel de potencia definido en la ejecución del experimento, para así identificar si la potencia afecta al rendimiento y disponibilidad del enlace.

#### **4.2.2.3 Canales de Transmisión**

El canal elegido es el canal 1 a 2.412 GHz, abarcan el espectro de frecuencia disponible en los puntos de acceso.

#### **4.2.2.4 Configuración Lógica de la red**

De igual forma hemos determinado que es importante saber cómo influye la sola utilización del WDS en el enlace entre los dos BSS o que cada BSS este en una red distinta. De esta forma es necesario establecer un enrutamiento para la comunicación. Tomando en cuenta el escenario expuesto en el punto 4.1.2 y 4.2.2, definiremos la estructura lógica de la red para cada caso, en las ubicaciones, el Nodo Uno tendrá siempre la misma configuración lógica de red del punto Uno y el nodo tres será una estación WDS.

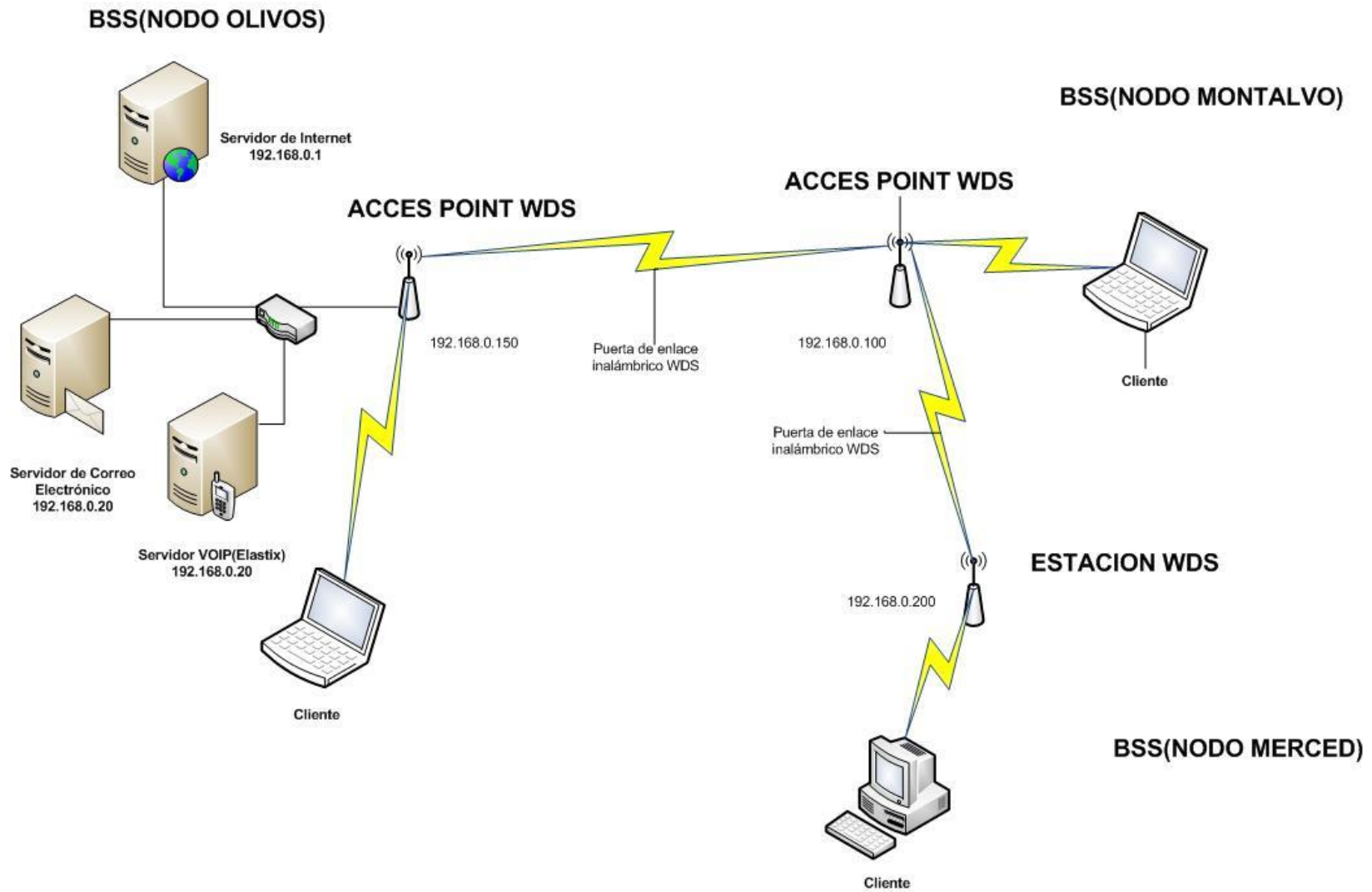


Figura IV.466: Estructura Lógica de la red (Utilizando Enrutamiento).



#### 4.2.2.4.1 Configuración Lógica de la Red. Caso 1

El escenario está conformado por dos BSS (Nodo Olivo – Nodo Montalvo) pertenecientes a diferente red lógica (ver Figura IV.56), por lo cual la comunicación se realiza únicamente utilizando el sistema de distribución inalámbrica (WDS) ver Figura IV.54.

En la Tabla IV.XLVII están especificadas las direcciones IP de los puntos de acceso y del servidor en cada BSS. Cada BSS pertenece a la red 192.168.0.0/24.

**TABLA Nº IV.XLVII: Configuración IP caso 1.**

	<b>AP</b>	<b>Cliente</b>	<b>Servidor</b>
<b>Nodo Olivos</b>	192.168.0.150	192.168.0.5	192.168.0.1(Internet) 192.168.0.10(VOIP) 192.168.0.20(Correo Electrónico)
<b>Nodo Montalvo</b>	192.168.0.100	Utiliza Dirección DHCP(192.168.0.0/24) enviado por el servidor del Nodo Olivos	

#### 4.2.2.4.2 Configuración Lógica de la Red. Caso 2

El escenario está conformado por dos BSS (Nodo Merced – Nodo Montalvo) pertenecientes a diferente red lógica (ver Figura IV.56), por lo cual la comunicación se realiza únicamente utilizando el sistema de distribución inalámbrica (WDS), el nodo Merced tendrá la Configuración Estación WDS y el Nodo Montalvo será un Access Point WDS ver Figura IV.55.

En la Tabla IV.XLVIII están especificadas las direcciones IP de los puntos de acceso.

**TABLA Nº IV.XLVIII: Configuración IP caso 2.**

	<b>AP</b>	<b>Cliente</b>	<b>Servidor</b>
<b>Nodo Merced</b>	192.168.0.200	192.168.0.30	
<b>Nodo Montalvo</b>	192.168.0.100	Utiliza Dirección DHCP(192.168.0.0/24) enviado por el servidor del Nodo Olivos	

#### 4.2.2.5 Tiempo Atmosférico

Se considera como tiempo atmosférico las variaciones que ocurren en la atmósfera de la Tierra, los fenómenos meteorológicos regulares incluyen: viento, lluvia y granizo. El tiempo atmosférico puede interrumpir la comunicación, debido a que la transmisión inalámbrica está basada en ondas electromagnéticas, las que al atravesar algún material, generalmente se debilitan o atenúan. La cantidad de potencia pérdida depende de la frecuencia y del material. Para las ondas electromagnéticas, los dos materiales más absorbentes son:

- **Metal:** Los electrones pueden moverse libremente en los metales, y son capaces de oscilar y por lo tanto, absorber la energía de una onda que los atraviesa.
- **Agua:** Las microondas provocan que las moléculas de agua se agiten, capturando algo de la energía de las ondas.

Durante la realización de los experimentos es necesario el registro de los datos meteorológicos del enlace con el diseño. Los datos son tomados de los reportes de la estación meteorológica 840710 (SEQU)<sup>9</sup>.

#### 4.3 HIPÓTESIS DEFINITIVAS.

La siguiente hipótesis es planteada en base a la hipótesis preliminar, el escenario de ejecución de los experimentos y a las variables dependientes e independientes del DRI. La hipótesis plantea que el rendimiento y disponibilidad del DRI es mejor cuando: una

---

<sup>9</sup>Los datos climáticos son registrado en el siguiente enlace:[http://www.tutiempo.net/tiempo/Riobamba\\_Chimbor/SERB.htm](http://www.tutiempo.net/tiempo/Riobamba_Chimbor/SERB.htm)

potencia de transmisión es mayor en los puntos de acceso en cada nodo, al ubicar a una distancia menor los nodos uno, dos y tres, al utilizar un canal radio frecuencia alto durante la transmisión de datos entre los nodos.

#### 4.3 REALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados son analizados de manera general para todos los experimentos y proporcionan las bases para definir qué configuraciones de las variables independientes permiten obtener mejores resultados de las variables dependientes de rendimiento y disponibilidad en el DRI. Los resultados también son analizados con la perspectiva de encontrar que configuraciones de las variables independientes son mejores para aplicaciones de tiempo real.

#### EXPERIMENTO 1

Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

**TABLA N° IV.XLIX: Variables Independientes experimento 1.**

Variables Independientes	
Distancia	520 metros
Potencia	400mw
Frecuencia	2.412Ghz Canal 1
Red	Enrutada

Los resultados de rendimiento están basados a pruebas de realización de ping hacia el servidor, el volumen de trabajo o de información que fluye a través de un sistema ya sea por la utilización de VoIP PBX Elastix, utilización de email y navegación de internet.

### 4.3.1 Procedimiento para Ejecutar Ping

Ping hacia el punto de acceso uno (Nodo Olivos). Este momento nos hemos conectado a través de una laptop del nodo dos (Nodo Montalvo) para realizar ping hacia el servidor de internet.

```
C:\>ping 192.168.0.1

Haciendo ping a 192.168.0.1 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=387ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=94ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=80ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=79ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 79ms, Máximo = 387ms, Media = 160ms
```

Figura IV.477: Realizando ping hacia el servidor de internet.

Si ejecutamos *ping 192.168.0.1* (IP de la puerta de enlace) podremos verificar si el enlace inalámbrico general de la red funciona correctamente, lo cual verificamos si tenemos internet ver Figura IV.57.

```
C:\>ping 192.168.0.10

Haciendo ping a 192.168.0.10 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.0.10: bytes=32 tiempo=119ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.10: bytes=32 tiempo=158ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.10: bytes=32 tiempo=585ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.10: bytes=32 tiempo=25ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.10:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 25ms, Máximo = 585ms, Media = 221ms
```

Figura IV.488: Realizando ping hacia el servidor Elastix.

Si ejecutamos *ping 192.168.0.10* (IP de la puerta de enlace) podremos verificar si el enlace inalámbrico a nuestro servidor Elastix general de la red funciona correctamente, lo cual verificamos si tenemos servicio de VOIP ver Figura IV.58.

### 4.3.2 Interconexión inalámbrica de VOIP

La conexión de los equipos corresponde sobre la LAN interna a 2 computadores.

Utilizamos Software *SoftPhone* para comprobar la conexión VOIP.



Figura IV.499: Realizando una llamada VOIP con el Software SoftPhone.



Figura IV.60: WLAN Throughput de VOIP.

Para la conexión VOIP se establece una conexión 100 Kbps a la hora de llamar a un cliente remoto (suscriptor). A 325Kbps se establece la conexión entre los dos equipos con un dialogo de retardo de 5 segundos en tiempo real.

### 4.3.3 Interconexión inalámbrica de Servicio de Correo

La conexión de los equipos corresponde sobre la LAN interna a 2 computadores. Utilizamos un Servidor de Correo HORDE de la distribución ClarkConnect para comprobar la utilización de ancho de banda para servicios de email.

Se considera un archivo de correo electrónico promedio de 500 Kbytes en el cual se presentan gráficos, informes y documentos adjuntos de poco tamaño. Además se estimó un caso extremo en el cual un usuario revisa un promedio de 10 correos electrónicos en 30 minutos, con lo que se puede determinar la capacidad de datos que esta aplicación utiliza.

$$C_{CORREO} = \frac{500Kbytes}{1pagina} * \frac{8bits}{1Kbytes} * \frac{1 correos}{30minutos} * \frac{1 minutos}{60segundos}$$

$$= 22.22Kbps$$

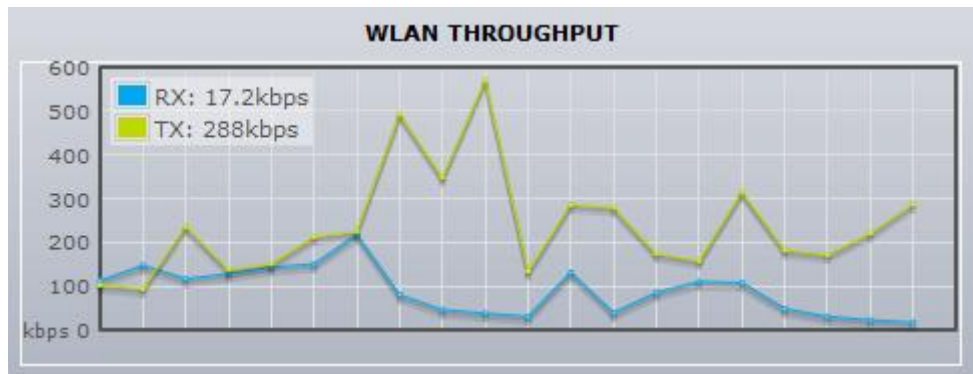


Figura IV.61: WLAN Throughput de Servicio de Correo.

- 20kbps se utiliza para ocupar servicios de email entre estos dos usuarios.
- En cambio vemos que al adjuntar un archivo de 20mb y enviamos a lo usuario ocupa una transferencia de 210Kpbs.

#### 4.3.4 Interconexión inalámbrica de Servicio de Internet

La conexión de los equipos corresponde sobre la LAN interna a 2 computadores.

Utilizamos un Servidor de Internet basado en Linux ClarkConnect.

Se considera una página WEB promedio de 500 Kbytes la cual cuenta con texto y gráficos de tamaño normal, además se estima que un usuario accederá a una página WEB en 30 segundos, debido a que nosotros contamos con un Internet de banda ancha de 512 Kbps.

$$C_{INTERNET} = \frac{500Kbytes}{1pagina} * \frac{8bits}{1Kbytes} * \frac{1pagina}{30minutos} = 133Kbps$$

Se tiene una capacidad de 133 Kbps, sin embargo se considera que la velocidad de transmisión efectiva (*throughput*) aceptable para navegación por Internet es de 300 Kbps para usuarios normales.



Figura IV.502: WLAN Throughput de Servicio de Internet.

- Con la imagen siguiente comprobamos una conexión de internet promedio de 25kbps a páginas simples de lectura como [http://es.wikipedia.org/wiki/Voz\\_sobre\\_IP](http://es.wikipedia.org/wiki/Voz_sobre_IP).
- Al cargar una página de Youtube tenemos una transferencia promedio de 80 kpbs.
- Al cargar una página con animaciones flash tenemos una transferencia promedio de 50 kpbs.

#### 4.4 CUADRO DE RESUMEN

**TABLA N° IV.L: Cuadro Comparativo de Servicio de VOIP.**

	<b>Utilización Ancho de banda</b>			
<b>Servicios</b>	<b>Petición(Kbps)</b>	<b>Dialogo(Kbps)</b>	<b>Distancia</b>	<b>Retardo(seg)</b>
VOIP	100	325	4,11Km	7
	100	325	520m	5

Fuente: Datos obtenidos en el experimento por Roberto Rodríguez y Fausto Sagñay.

**TABLA N° IV.LI: Cuadro Comparativo de Servicio de Email.**

	<b>Utilización Ancho de banda</b>		
<b>Servicios</b>	<b>Envío de email</b>	<b>Adjuntando Archivo de 20Mb</b>	<b>Distancia</b>
Servicio de Email	20(Kbps)	210(Kbps)	4,11Km
	20(Kbps)	210(Kbps)	520m

Fuente: Datos obtenidos en el experimento por Roberto Rodríguez y Fausto Sagñay.

**TABLA N° IV.LII: Cuadro Comparativo de Servicio de Internet.**

	<b>Utilización Ancho de banda</b>			
<b>Servicios</b>	<b>Página Simple</b>	<b>Página Youtube</b>	<b>Página con Animaciones Flash</b>	<b>Distancia</b>
Servicio de Internet	25Kbps	80Kbps	50Kbps	4,11Km
	25Kbps	80Kbps	50Kbps	520m

Fuente: Datos obtenidos en el experimento por Roberto Rodríguez y Fausto Sagñay.

#### 4.5 ÁREA DE COBERTURA

En la planeación del sitio de una red inalámbrica se analiza qué sectores urbanos van a tener cobertura dependiendo de los usuarios que necesiten un acceso inalámbrico. Cada Access Point WDS tiene una cobertura de 2Km para comunicación entre ellas y 300 metros de cobertura para utilizar los servicios de Red como DHCP, Email, Internet, VOIP con una antena de ganancia de 10dBi.



#### **4.6 SEGURIDAD**

Para la implantación de la red inalámbrica se tuvo que diseñar una red que pueda actuar ante los problemas de seguridad y proporcione un entorno robusto a ataques futuros.

Se pudo realizar una extensión de seguridad a la red inalámbrica por ejemplo la utilización de servidores de autenticación como Hotspot o de validación de usuarios.

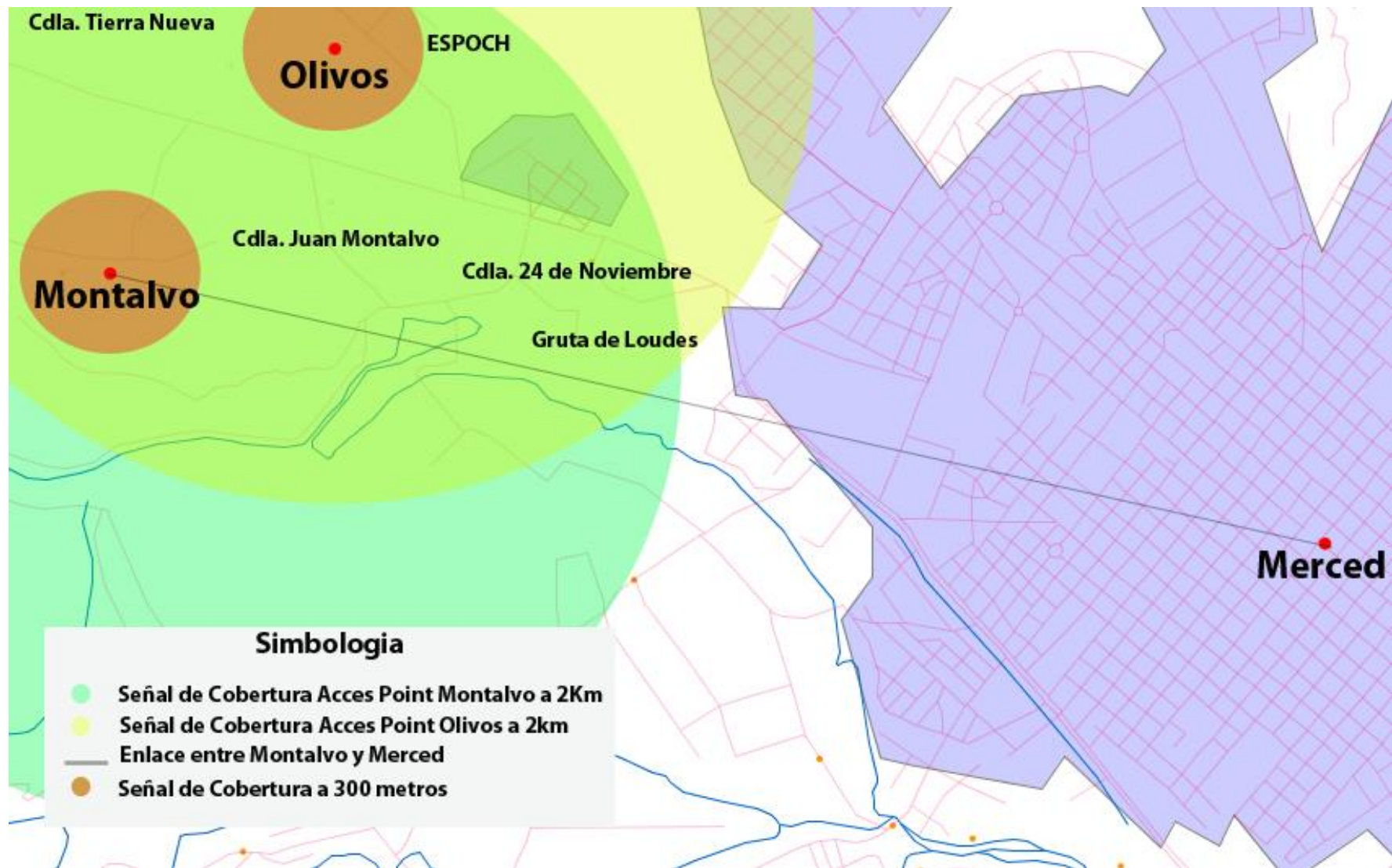


Figura IV.513: Ubicación de los Access Point WDS en el Mapa de la Ciudad de Riobamba

## CONCLUSIONES

- En el diseño se ha creído conveniente el utilizar la banda de los 5.8Ghz (sin licencia, con línea de vista) este estándar nos proporciona ciertos parámetros técnicos de mucha ventaja como lo es el ancho de banda que llega hasta los 54 Mbps, con modulación OFDM, y la banda de los 2.4 Ghz se encuentra en la actualidad con saturación.
- La investigación para el DRI del Cantón Colta determinó la utilización de antenas sectoriales con una buena potencia de transmisión, para dar solución a todos los enlaces especialmente en las estaciones repetidoras las cuales están propuestas a colocarse en cada parroquia. La estabilidad física de las antenas ayuda a tener un mejor enlace entre los puntos que conforman la red de datos.
- Los resultados obtenidos en la realización de los experimentos en el capítulo 4 se deben tomar mucho en cuenta la influencia de la distancia en la calidad de transmisión de datos especialmente con VOIP entre los puntos que conforman la red inalámbrica. Los resultados obtenidos apuntan que a una menor distancia entre los nodos el rendimiento y disponibilidad del enlace es mejor.
- Un sistema de distribución inalámbrico (WDS) permite conexión mediante múltiples puntos de acceso sin la necesidad de un cable troncal solo se conectan por las direcciones MAC.
- Todos los puntos de acceso en un sistema de distribución inalámbrico deben estar configurados para utilizar el mismo canal de radio. WDS puede funcionar

a la vez como puente y punto de acceso, pero es importante puntualizar que en estos modos se reduce la velocidad de transferencia a la mitad de su magnitud.

- Normalmente los equipos WDS comprados funcionan correctamente dado que sus MAC son distintas dándonos seguridades al acceder a cualquier equipo. WDS funcionan con diferentes marcas.
- Para evitar reducción de la velocidad de transferencia con la configuración WDS en enlaces de grandes distancias se deben configurar los Equipos Master(Radio Bases) en Acces Point WDS y el Cliente o Suscriptor en Modo Station WDS así garantizamos su correcto funcionamiento.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación de este proyecto, ya que permita mejorar los servicios de telecomunicaciones y acceder a nuevos servicios satisfaciendo los requerimientos de los usuarios, estudiantes, pueblos o nacionalidades indígenas que tanto sufren en aspectos socioeconómicos en el sector rural.
- Se recomienda a las comunidades del Cantón Colta la capacitación constante del personal directivo, usuarios de la red y técnicos de qué manera serán beneficiados por la colocación de infraestructura de telecomunicaciones y así mejorar el uso correcto de todos elementos de la red.
- Para el diseño de la red inalámbrico es importante optimizar el ancho de banda de todos los servicios y maximizar la efectividad de los enlaces inalámbricos, es decir que los parámetros técnicos de la red sean los óptimos para el buen desempeño de cada uno de los radioenlaces.
- Si se llevara a cabo la implementación de la propuesta de red se recomienda el uso de equipos no sólo considerando costos sino las ventajas técnicas de cada uno de ellos, también considerar los espacios físicos como terrenos en donde se vayan a colocar las antenas ya que en este diseño nunca dialogamos con sus propietarios para ver si estaban de acuerdo con el alquiler o donación para las instalaciones de Torres o mástil.

## **RESUMEN**

Se realizó el estudio y se diseñó la ingeniería de comunicación inalámbrica para el Gobierno Municipal de Colta, el cual brindará servicio de internet. Para el diseño de la red se realizó el levantamiento de los perfiles topográficos partiendo de las coordenadas de los puntos a enlazar utilizando el GPS (Sistema de Posicionamiento global). Las comunidades se encuentran dispersas en la zona rural, con distancias considerables; según el levantamiento topográfico presenta un relieve irregular con varias elevaciones de terreno por tal razón los centros informáticos no poseen líneas de vistas directas hacia las estaciones bases ubicadas en cada parroquia que conforman el cantón, se buscaron puntos estratégicos para ubicar los repetidores y llegar al municipio que es el punto central de la red inalámbrica. Se utilizó el software Radio Mobile para verificar las líneas de vista y el alcance global para cada uno de los enlaces, se realizó el cálculo de los enlaces utilizando parámetros y especificaciones técnicas de los equipos que cumplen con los reglamentos otorgados por la SENATEL. Los equipos necesarios para brindar la cobertura deberán ser de 24dbi en Potencia de Transmisión, Sensibilidad de Recepción de -105dbi, Antenas Sectoriales de 120 grados. De la investigación realizada se consiguió diseñar que el sistema de comunicaciones deberá trabajar a una frecuencia de 5.8GHz, dando un porcentaje de eficacia del 90% en conectividad. Se recomienda la implementación de este diseño, ya que permitirá acceder a nuevos servicios tecnológicos, satisfaciendo los requerimientos de los estudiantes, pueblos o nacionalidades indígenas.

## **SUMMARY**

It was done both the study and design of the wireless communication engineering for the Municipal Government of Colta which will serve with an Internet service. For the web design the topographic profiles drawing was performed by starting from the coordinates of the points to be tied utilizing the GPS (Global Positioning System).

The communities are spread in the rural zone with considerable distances among them and according to the topographic drawing; it presents an irregular profile with some soil elevations. That's the reason why the informatics centers do not possess lines of direct vistas towards the base stations located in each parish of the canton. Strategic points were looked for to place the repeaters and arrive at the City Hall which is the central point of the wireless web. The Radio Mobile software was used to verify the vista lines and the global reachment for each of its components. The calculus of the joining lines was done by using technical parameters and specifications of the equipments that accomplish with the rules granted by the SENATEL. The necessary equipments to give the cover will have to be of 24dbi in Transmission Power, Reception Sensitivity of -105dbi, Sector Antennae of 120 degrees. From the research carried out it was possible to design a communication system which should work with a frequency of 5.8 GHz giving an efficiency percentage of 90% in connectivity. It is recommended the implementation of this since it will allow the access to new technological services, satisfying in this way the requirements of the indigenous students, people or nationalities.

## BIBLIOGRAFÍA GENERAL

HUIDOBRO. José Manuel "Redes de Comunicaciones". España. Paraninfo 1992.  
PP. 53-105

REEMAN. Roger L. "Ingeniería de sistemas de Telecomunicaciones". México. Limusa.  
1992.  
PP 118-220

REID NEIL y SEIDE RON, "Manual de Redes Inalámbricas 802.11 (Wi-Fi)". México  
*McGraw-Hill* 2005.  
PP. 116-350

## BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

### 1. CALCULO DEL RADIOENLACE

[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_presentacion\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_presentacion_v02.pdf)  
[23-06-2010]

### 2. CONFIGURACIÓN WDS

[https://support.dell.com/support/edocs/network/tmap1170/sp/Configuration\\_option\\_s/Interface\\_Parameters/Setup\\_WDS\\_Link.htm](https://support.dell.com/support/edocs/network/tmap1170/sp/Configuration_option_s/Interface_Parameters/Setup_WDS_Link.htm)  
[15-07-2010]

### 3. DISEÑO DE RADIOENLACE

[http://coimbraweb.com/programas/antenas/p6\\_radioenlace.pdf](http://coimbraweb.com/programas/antenas/p6_radioenlace.pdf)  
[23-06-2010]

### 4. EL GPRS: GENERAL PACKET RADIO SERVICE

<http://www.tecnomarkets.com/servicios/tecnonews/research59.htm>  
[20-06-2010]

### 5. INTRODUCCIÓN A WDS Y DS

<http://bulma.net/body.phtml?nIdNoticia=1624&nIdPage=1>  
[28-06-2010]

### 6. LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/744/16/T10505CAP1.pdf>  
[17-06-2010]



7. PROPAGACIÓN DE ONDA

<http://es.kioskea.net/contents/wireless/wlpropa.php3>

[21-06-2010]

8. QUE ES WDS?

<http://www.zero13wireless.net/foro/showthread.php?2657-Guia-Que-es-el-WDS>

[28-06-2010]

9. RADIOENLACES

<http://www.dsi.uclm.es/asignaturas/51129/temas/tema4.pdf>

[23-06-2010]

10. REDES INALÁMBRICAS

<http://es.kioskea.net/contents/wireless/wlintro.php3>

[17-06-2010]

11. SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓVILES

[http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema Global para las Comunicaciones M%C3%B3viles](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Global_para_las_Comunicaciones_M%C3%B3viles)

[20-06-2010]

12. TEORÍA DE LA TELECOMUNICACIÓN

<http://www.ctv.es/USERS/carles/PROYECTO/cap1/cap1.html>

[23-06-2010]

13. UMTS

[html.rincondelvago.com/umts\\_3.html](http://html.rincondelvago.com/umts_3.html)

[21-06-2010]

14. WDS

<http://www.adslayuda.com/modules/wrt54g/9/WDS.pdf>

[15-07-2010]

## **GLOSARIO**

**Analógico.** Se aplica al aparato o instrumento de medición que representa las variaciones o cambios de cualquier fenómeno físico, como el sonido, el peso o la luz, mediante variaciones equivalentes o análogas de un indicador físico, como una aguja o una barra.

**Atenuación.** Disminución de la intensidad, la gravedad o la importancia de algo.

**Canal.** Vía o medio utilizado para comunicar un mensaje.

**Codificar.** Transformar mediante las reglas de un código la formulación de un mensaje.

**Conductor.** Que conduce el calor o la electricidad.

**Conmutar.** Cambiar o sustituir una cosa por otra, Cambiar el orden de las cantidades en una operación matemática.

**Decibel.** Medida de sonoridad o sensación sonora que es igual a la décima parte de un bel.

**Difracción.** Fenómeno que se produce cuando un tren de ondas se encuentra con un obstáculo cuyas dimensiones son del orden de magnitud de la longitud de onda.

**Digital.** En informática, conjunto de aplicaciones independientes, aunque compatibles entre sí, en el cual se incluyen programas con un uso común o complementario y que funcionan sobre la misma plataforma.

**DRI.** Diseño de Red Inalámbrica.

**e-mail.** Sistema que permite el intercambio de mensajes entre distintos ordenadores interconectados a través de una red, especialmente Internet.

**Electromagnético.** Se dice de todo fenómeno en que los campos eléctricos y magnéticos están relacionados entre sí.

**Fax.** Sistema de comunicación que permite enviar y recibir información gráfica a través de la línea telefónica.

**Filtrar.** Líquido que penetrar a través de un cuerpo sólido. Seleccionar datos o aspectos para configurar una información.

**Frecuencia.** Número de veces que se repite un proceso periódico por unidad de tiempo.

**Geografía.** Ciencia que trata de la descripción de la Tierra, territorio, paisaje.

**Hertz.** Unidad de frecuencia del Sistema Internacional, de símbolo Hz, que equivale a la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo periodo es un segundo.

**Inalámbrico.** Dicho de un sistema de comunicación eléctrica: Sin alambres conductores.

**Infrarrojo.** Zona invisible del espectro solar situado más allá del rojo, y de las radiaciones correspondientes a esta zona; las radiaciones tienen efectos térmicos, pero no luminosos ni químicos. La longitud de onda está comprendida entre 0,8 y 1 000 micrómetros.

**Ionosfera.** Capa alta de la atmósfera, que se extiende entre 70 y 300 km de altura. Se caracteriza por la presencia de procesos de ionización que originan grandes concentraciones de electrones libres.

**Megabit.** Unidad de información equivalente a 1024 kilobits.

**Metropolitano.** Perteneciente o relativo al conjunto urbano formado por una ciudad y sus suburbios.

**Microonda.** Onda electromagnética cuya longitud de onda oscila entre un milímetro y un metro, que corresponde a una frecuencia entre 300 000 y 300 megaciclos.

**Microprocesador.** Unidad constituida por uno o más chips (pastillas) de circuitos integrados LSI, que contiene todos los elementos que constituyen la unidad central de proceso de un ordenador.

**Onda.** Movimiento de elevación y depresión que se desplaza en la superficie del agua formando círculos concéntricos al ser esta impulsada en un punto dado.

**Periférico.** Dispositivo exterior conectado a un ordenador, que no forma parte de la unidad central de memoria y de tratamiento, y que sirve para la entrada y la salida de información, como la pantalla, el escáner o la impresora.

**Procesador.** Componente electrónico de un ordenador donde se realizan cálculos, se controlan procesos y se gestionan datos.

**Radio.** Técnica de emisión de ondas o señales que pueden recibirse y transformarse en sonidos o datos.

**Radioelectricidad.** Energía eléctrica manifestada en forma de ondas hertzianas.

**Router.** ruteador o encaminador es un dispositivo de hardware para interconexión de red de ordenadores que opera en la capa tres.

**Satélite.** Vehículo, en ocasiones tripulado, que se coloca en órbita alrededor de un astro, que lleva aparatos apropiados para recoger información y retransmitirla a la Tierra.

**Telefonía.** Sistema telefónico en el que la conexión entre el aparato portátil y la central se realiza mediante ondas hercianas.

**Tensión.** Estado en el que se encuentra un cuerpo sometido a la acción de fuerzas opuestas.

**Transmisión.** Conjunto de mecanismos que comunican el movimiento de un cuerpo a otro, alterando generalmente su velocidad, su sentido o su forma.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Coordenadas Geográficas por Parroquias del Cantón Colta.

#### Parroquia Villa la Unión

COMUNIDAD	ALTITUD(m)	X_UTM_17(Este)	Y_UTM_17(Sur)
Aichabug	3374	751689	9811844
Amula Grande Rayo Loma	3455	751675	9813551
Anita	3568	744107	9812903
Asoc. Torobamba	3801	747539	9798818
Asociacion Macas	3595	743494	9812748
Bellavista	3520	748343	9814202
Cebollar Alto	3538	748832	9804276
Cebollar Bajo	3437	749315	9804405
Cebollar Centro	3597	748961	9803922
Centro Hospital Gatazo	3158	749840	9814194
Chacabamba Chico Cagrin	3551	749000	9801075
ChacabambaQuishuar	3376	751149	9798996
Chancaguan	3168	748847	9813776
Cochaloma Centro Civico	3543	749625	9799067
Colta Monjas Alto	3566	748363	9806967
Colta Monjas Bajo	3346	749274	9807606
Compania Labranza	3479	745065	9810643
Comunidad 15 de Agosto	3466	744007	9810470
Cotojuan	3334	742994	9807795
Cruz loma	3673	744770	9812825
Cruzada Huiliquies	3598	753034	9812386
Cunambay	3520	745446	9814567
El Lirio	3614	747271	9807281
Gatazo Rinconada	3152	751055	9814775
Gatazo Chico	3146	751432	9815569
Gatazo Elena Zambrano	3146	749629	9814567
Gatazo Grande	3104	750852	9817254
Gatazo Zambrano	3133	750075	9815852
Guerraloma	3431	746260	9813784
Hospital Gatazo	3184	749777	9813276
Huacona 4 Esquinas	3466	748011	9808754
HuaconaBelen	3411	746190	9810157
Huacona Grande	3375	746442	9809242
Huacona La Merced	3469	744309	9808764
Huacona San Isidro	3591	742861	9808797
Huacona San Jose	3598	745758	9810033
Huacona San Vicente	3639	746312	9807748

COMUNIDAD	ALTITUD(m)	X_UTM_17(Este)	Y_UTM_17(Sur)
Huiñatuz Grande	3520	746164	9815476
La Esperanza	3514	748742	9799109
La Pradera	3453	746023	9812316
LigLig	3588	744883	9811692
Los Angeles	3372	751441	9802697
Majipamba	3345	748955	9808563
Mishquilli	3233	749037	9811761
Ocpote Guayllaloc	3445	749365	9805279
Ocpote Rumipamba	3518	750300	9801582
Ocpote Tabla Rumi	3360	748993	9803020
Ocpotillo Chico	3421	751151	9803406
Pichi Corral	3637	746862	9805849
Pichiloma	3695	748349	9804673
Pilahuaico	3361	750255	9800268
Pucara	3182	749368	9814375
Quishuar Alto	3376	750659	9798812
Quishuar Sta. Rosa	3394	751594	9798561
Quisuar maria elena	3389	751224	9798426
Rayaloma	3701	743455	9812124
Resen	3182	746744	9814456
Rumiloma Cochapamba	3649	747137	9807909
San Jacinto	3582	744805	9811629
San Jose de Cagrin	3538	747903	9802097
San Lorenzo de Cahuiña	3666	744659	9814116
Santa Rosa de Culluctus	3603	743521	9810981
Santo Domingo Ugshapamba	3182	751179	9810934
Shamanga	3284	748995	9810224
Sicalpa Viejo	3182	746962	9812563
Sicalpito	3568	745539	9813495
Vaqueria	3644	743557	9813207
Virgen de las Nieves	3637	744748	9812488

#### Parroquia Santiago de Quito

COMUNIDAD	ALTITUD(m)	X_UTM_17(Este)	Y_UTM_17(Sur)
Alabado Chico	3182	751975	9807582
Alabado Grande	3368	752370	9805419
Castug Alto	3563	756016	9803277
Castug Colegio	3443	754461	9801111
Castug Tungurahuilla	3563	754470	9802633
Comuna Santa Inés	3326	750504	9808243

COMUNIDAD	ALTITUD(m)	X_UTM_17(Este)	Y_UTM_17(Sur)
Lupaxi Chico	3221	752569	9798316
Lupaxi Grande	3334	753310	9800281
Ocpote Concepción	3388	751377	9804985
Ocpote la Merced	3477	752587	9803579
Ocpote San Luis	3400	752375	9800926
Ocpote San Vicente	3277	751968	9801692
Pacha Capilla	3330	750529	9806902
Pardo Troje	3182	749884	9809489
San Antonio de Chaupi	3276	753374	9800764
San Bartolo Grande	3427	754888	9799991
San Bartolo Rayoloma	3304	754386	9798916
San Bartolo Sindipamba	3563	755694	9801989
San Javier Tungurahuilla	3446	753945	9804663
San José	3334	750276	9808740
Troje Grande	3184	753342	9797704
Verdepamba	3353	751436	9806952
Yanacocha	3339	749498	9806966

#### Parroquia Juan de Velasco

COMUNIDAD	ALTITUD(m)	X_UTM_17(Este)	Y_UTM_17(Sur)
Achin Alto	2971	732664	9786202
Achin Rosario	2731	732620	9785635
Agua Dulce	2896	731871	9790691
Ajospamba	3296	736445	9798616
Asoc. Juan Diego	3475	737822	9802703
Asoc. Tepeyac Rosario	3351	736655	9800889
El Tablon	2939	733204	9792599
Guangupud	3666	738738	9805555
Guayracajas	3160	734665	9796403
Guigan	3096	735350	9796146
Hda. Sta. Ana	1928	724525	9789420
La Dolorosa	3396	734662	9798622
La Florida	3133	733756	9795084
Las Palmas	2532	727972	9793863
Libertad de Pollongo	2838	732833	9791036
MalpoteChiriyacu	2775	722760	9788704
Malpote Mirador	1961	722234	9790273
Malpote Naranjal	1733	724802	9788631
Malpote San Gerardo	2444	724474	9791986
Pangor	3186	735873	9798672
Pinipala	3635	737516	9795414



COMUNIDAD	ALTITUD(m)	X_UTM_17(Este)	Y_UTM_17(Sur)
Rosas de Pollongo	2900	732808	9790034
Rumipamba	3562	738870	9803993
San Jose de Pollongo	3338	733654	9790794
San Martin de Iñacoto	1962	726693	9787798
Santa Valvina	2354	731265	9787942
Tambillo Alto	2562	724571	9794123
Tambillo Buenos Aires	2279	722828	9793931
Tepeyac Alto	3479	737585	9802681
Tepeyac Bajo	3594	736445	9801794
Tepeyac Gatazo	3516	737479	9801774
Varaspamba	3413	735360	9799052
Yerba Buena	2709	732196	9789280

### Parroquia Columbe

COMUNIDAD	ALTITUD(m)	X_UTM_17(Este)	Y_UTM_17(Sur)
Balda Lupaxi Alto	3351	756577	9794211
Balda Lupaxi Bajo	3338	754608	9793673
Cachipata	3252	752123	9793146
Calancha	3208	753020	9795385
Cashapamba	2755	752858	9791229
Cintaguzo	3424	757123	9797240
Cocha Corral Alto	3778	745936	9797714
Cocha Corral Centro	3770	746096	9796845
Columbe	3155	753529	9791545
Columbe Alto	3629	750616	9790702
Columbe Chico Cruzpungo	3226	752111	9790870
Columbe Grande 1 - 2	3390	750749	9791907
Columbe Grande 3 - 4	3443	750196	9792335
Curiquinga	3405	751184	9795417
Ñutuugsha	3752	742756	9799611
Gahuijon Alto	3614	749025	9798026
Gahuijon Bajo	3499	749264	9797892
Gahuijon centro	3464	749486	9797143
Gulag	3485	748474	9796808
La Merced	3245	754244	9795578
Llinllin Centro Cívico	3397	748413	9793653
Llinllin las Juntas	3243	749516	9793734
Llinllin Pucara	3338	747291	9792618
Llinllin Santa Fe	3361	747282	9793317
Lupaxi Convalecencia	3355	757064	9795744
Mauca Corral	3730	742077	9800297

COMUNIDAD	ALTITUD(m)	X_UTM_17(Este)	Y_UTM_17(Sur)
Miraflores Iglesiapamba	3551	752401	9792818
Miraflores Pusurumi	3334	752552	9793454
Miraflores Quishuarpamba	3165	750620	9793393
Pulucate 4 esquinas	3355	756635	9799000
Pulucate Alto	3354	756771	9796244
Pulucate Canal	3301	755409	9797645
Pulucate Central	3349	756171	9797553
Pulucate Sector Colegio	3213	755661	9796626
Rodeopamba Centro	3949	744437	9798091
Rodeopmaba Alto	3949	743418	9801262
Rosario la Providencia	3963	754859	9792225
Rumicorral	3750	743532	9796540
San Antonio de Columbe	3334	747794	9790535
San Bartolo Ugshapamba	3304	755146	9799250
San Bernardo Alto	3271	748446	9795441
San Bernardo Bajo	3451	748575	9794923
San Francisco de Columbe	3598	750552	9790043
San Francisco de Providencia	3345	754356	9792527
San Francisco de Sasapud	3658	743171	9798249
San Guisel Alto	3475	749399	9796076
San Guisel Bajo	3369	748510	9796029
San Isidro de Columbe	3165	753479	9791216
San Jorge	3339	751250	9796586
San José de Columbe	3173	753792	9792706
San José de Miraflores	3348	752343	9795095
San Martin	3180	754883	9794919
San Martin Alto	3377	754826	9796205
San Rafael Alto	3425	750894	9797189
San Rafael Bajo	3396	750292	9796169
San Virgilio	3270	751796	9796351
San Virgilio Alto	3454	746894	9797348
Santa Ana	3420	750858	9795745
Santo Tomas	3313	756416	9795327
Sasapud Hospital	3412	745375	9795602
Secao San Isidro	3362	751747	9796143
Secao San José	3319	751566	9795798
Tanquis	3171	754381	9790536
Troje Chico	3244	753568	9796995

## ANEXO 2. Requisitos e Instructivo Formularios De Concesión De Frecuencias.



### INSTRUCTIVO FORMULARIOS PERMISOS DE OPERACIÓN DE RED PRIVADA

#### INTRODUCCION

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones ha establecido los formularios necesarios para el trámite correspondiente a la obtención, ampliación y/o modificación del permiso de operación de RED PRIVADA; estos están organizados de la siguiente forma:

1. Formulario ST-1A-DGGST (Formulario de Información General).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud obtención, ampliación y/o modificación del permiso de operación de RED PRIVADA. En este formulario se debe registrar toda la información legal del solicitante y el responsable técnico.
2. Formulario ST-2A-DGGST (Formulario para Información características técnicas y control de documentación).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud de obtención, ampliación y/o modificación del permiso de operación de RED PRIVADA. Se debe indicar las características técnicas generales de la RED PRIVADA y describir todos los documentos técnicos - legales (formularios) que se presentan con la solicitud que para el efecto han sido establecidos por esta Secretaría.

En todos los ítems de los formularios que necesitan una aclaración acerca de la forma como ingresar la información, existe un numeral en la parte superior izquierda del recuadro correspondiente, a fin de relacionarlo con las especificaciones del presente instructivo. El número indicado en el inicio de cada instrucción se relaciona con el número indicado en el formulario respectivo.

En caso que el solicitante utilice Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha y/o Servicio Fijo Móvil por Satélite deberá presentar obligatoriamente los formularios necesarios para la obtención del certificado de registro o la concesión de frecuencias, respectivamente, que su sistema requiere para operar<sup>(5)</sup>.

En los numerales 2) y 3) del formulario ST-1A-DGGST y en el numeral 2) del formulario ST-2A-DGGST el solicitante deberá marcar entre los paréntesis con una cruz (X) una o varias opciones de acuerdo con las características técnicas del sistema de comunicación que sea instalar.

Toda la información requerida en los formularios debe ser llenada de acuerdo a lo establecido en este instructivo. Si existe alguna información faltante o incorrecta, no se tramitarán las solicitudes realizadas.

Los campos que se encuentren marcadas con un asterisco (\*) serán obligatorios.

#### ST-1A. FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL

- 2) **OBJETIVO DE LA SOLICITUD.** Solicitar el Permiso de Operación de Red Privada, así como ampliaciones y/o modificaciones del mismo (marcar solamente una).
- 3) **MEDIO DE TRANSMISIÓN DEL SISTEMA.** Se refiere al medio de transmisión que se utilizará para comunicar las estaciones (pueden marcarse los tres de ser el caso).

#### DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO

- 4) **PERSONA NATURAL.** Nombres, apellidos y número de cédula de identidad en los casilleros correspondientes, de acuerdo a la identificación presentada. Adjuntar copia de la cédula de identidad.
- 5) **PERSONA JURÍDICA, NOMBRE DE LA EMPRESA.** Denominación legal de la empresa.
- 6) **REPRESENTANTE LEGAL.** Nombres, apellidos y número de cédula de identidad en los casilleros correspondientes, de acuerdo a la identificación presentada. Adjuntar adicionalmente copia del nombramiento del representante legal.
- 7) **CARGO.** De acuerdo al nombramiento presentado con la solicitud.
- 8) **ACTIVIDAD DE LA EMPRESA.** Labor principal a la que se dedica la empresa. Se deberá además, especificar el número de RUC de la empresa en el casillero correspondiente.
- 9) **DIRECCIÓN.** Provincia, Ciudad y Dirección exacta, ya sea de la persona natural o empresa, en donde se recepte la correspondencia enviada. Consta además, **la dirección electrónica (E-MAIL)**, casilla y teléfono.
- 10) **CERTIFICACIÓN DEL PROFESIONAL TÉCNICO (RESPONSABLE TÉCNICO).** Se deben establecer los datos del profesional a cargo del sistema de telecomunicaciones. La certificación representa una autorización, para que la persona encargada del sistema pueda representar al solicitante en cualquier requerimiento técnico que la SENATEL realice. El profesional a cargo debe ser un Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones afiliado a uno de los colegios profesionales del país; **deberá adjuntarse a este formulario una copia de la licencia profesional actualizada del responsable técnico.**
- 11) **CERTIFICACIÓN DE LA PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL.** Esta certificación representa una declaración de que la Persona Natural o Jurídica acepta las condiciones del estudio técnico presentado y delega la responsabilidad sobre el mismo al responsable técnico.
- 12) **OBSERVACIONES:** En caso de que el solicitante requiera hacer una aclaración a la información declarada, deberá especificarla brevemente en este campo.
- 13) **PARA USO DE LA SENATEL.** Campo reservado para uso exclusivo de la SENATEL, por lo tanto no debe ser llenado.

**ST-2A. FORMULARIO PARA INFORMACIÓN TÉCNICA**

- 2) **CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA:** En el caso de requerir de uso de espectro radioeléctrico (sistemas de modulación digital de banda ancha), indicar la configuración del sistema que desea operar.
- 3) **COBERTURA.** Nombre de las provincias, ciudades o poblaciones que cubre el sistema solicitado.
- 4) **CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.** Se deberá colocar el número de estaciones, repetidoras, el número de enlaces de cobre, el número de enlaces de fibra óptica, el número de enlaces de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha (SMDBA), el número de enlaces del Servicio Fijo por Satélite (FMS) y el número total de enlaces. Por ejemplo si un sistema esta compuesto por: 3 estaciones y 1 repetidor; 3 enlaces de los cuales 2 utilizan SMDBA y el restante el medio de transmisión es físico (fibra óptica), el formulario deberá estar lleno de la siguiente forma:

4)

<b>CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA</b>						
No. ESTACIONES	No. REPETIDORES	No. ENLACES FISICOS		ENLACES INALAMBRICOS		No. TOTAL DE ENLACES
		COBRE	FIBRA OPTICA	FMS	SMDBA	
3	1	----	1	----	2	3

- 5) **FORMULARIOS QUE SE DEBEN ADJUNTAR:** El solicitante marcará con una (X) al frente de cada formulario que contienen su solicitud.

<b>SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (SMDBA)</b>	
FORMULARIO RC-1B FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL	( X )
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	( X )
FORMULARIO RC-9A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (ENLACES PUNTO-PUNTO)	( X )
FORMULARIO RC-9B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (ENLACES PUNTO-MULTIPUNTO)	( X )
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	( X )
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO	( X )
FORMULARIO RC-9B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMDBA (SISTEMA PUNTO-MULTIPUNTO)	( X )
FORMULARIO RC-15ª FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI	( X )
<b>SISTEMA SERVICIO FIJO POR SATÉLITE (FMS)</b>	
FORMULARIO RC-1A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL	( X )
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	( X )
FORMULARIO RC-11A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS FIJO POR SATÉLITE	( X )
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA	( X )
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO	( X )
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI	( X )

## ANEXO 3. CONFIGURACION EN MODO WDS EN EQUIPOS UBIQUITI NANOSTATION 2.

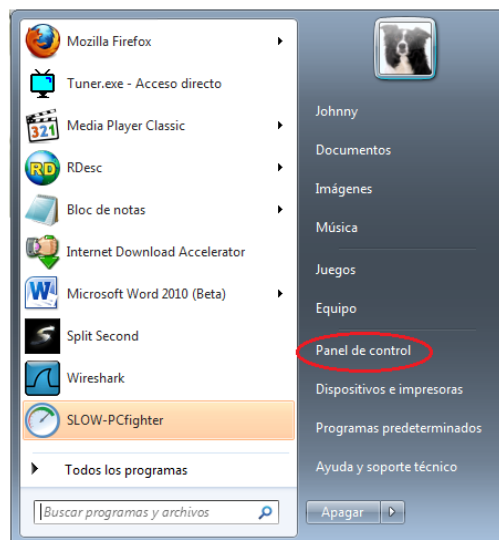
### CONFIGURACIÓN NANOSTATION2

#### Ingreso a la configuración del sistema

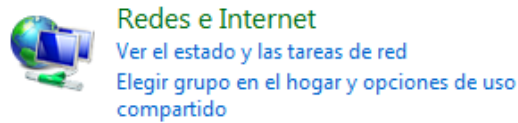
Antes que nada debemos realizar la conexión de los cables de red a los dispositivos de conexión POE de la siguiente manera, desde el conector que LAN conectamos el cable al adaptador de red de la pc o notebook, luego desde el conector que dice POE sacamos un cable que conectaremos al Nanostation2, después al conector POE le conectaremos el cable que viene desde el transformador, que venía en el Kit de instalación.



Luego ingresaremos a **Inicio** y **Panel de Control**.



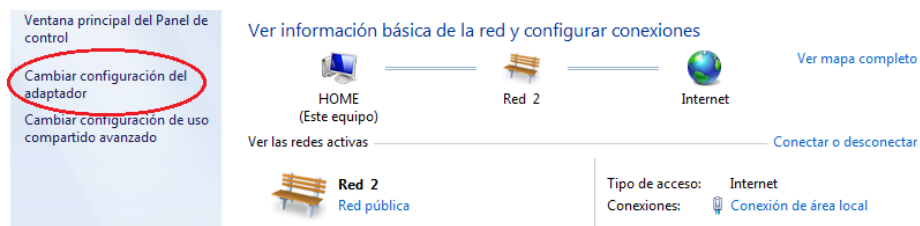
Ingresamos en **Redes e Internet**.



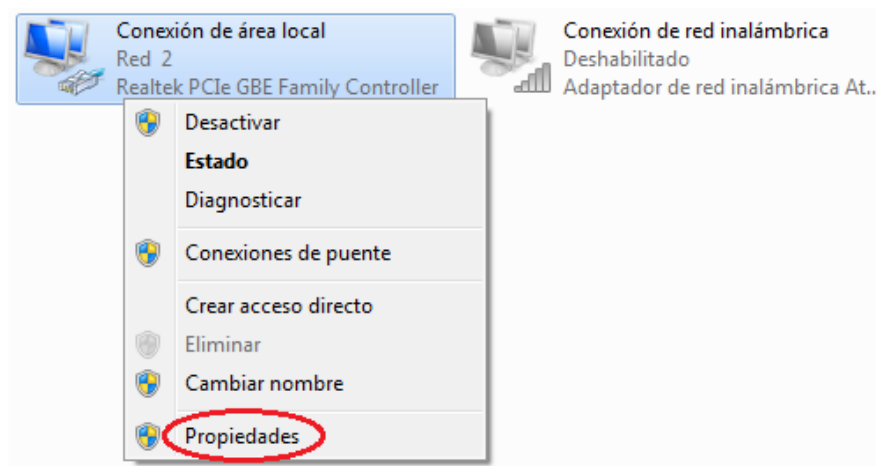
Luego en **Centro de Redes y Recursos Compartidos**.



Después en la parte superior izquierda de la pantalla seleccionaremos **Cambiar configuración del adaptador**.

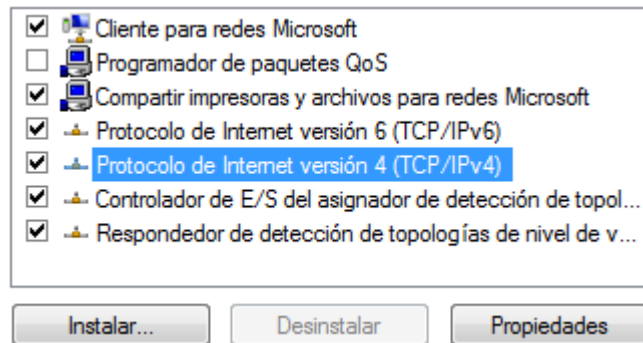


Luego en Conexión de área local presionamos con el botón derecho del mouse y seleccionamos **Propiedades**.

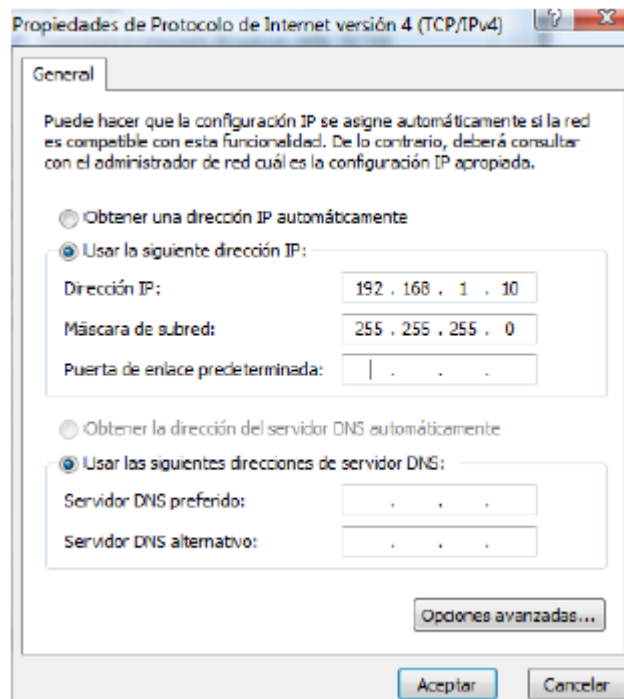


Aquí Seleccionamos la opción **Protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4)** y pulsamos el botón

## Propiedades

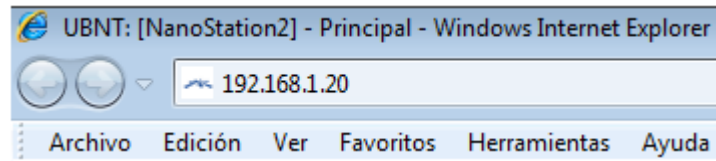


Una vez abierto tildamos la opción **Usar la siguiente dirección IP**, al hacer esto nos habilitará la posibilidad de ingresar los siguientes datos, en Dirección IP ingresaremos 192.168.1.10 luego pulsamos en **Máscara de subred** y se completará con la IP 255.255.255.0, luego presionamos el botón Aceptar dos veces para salir.

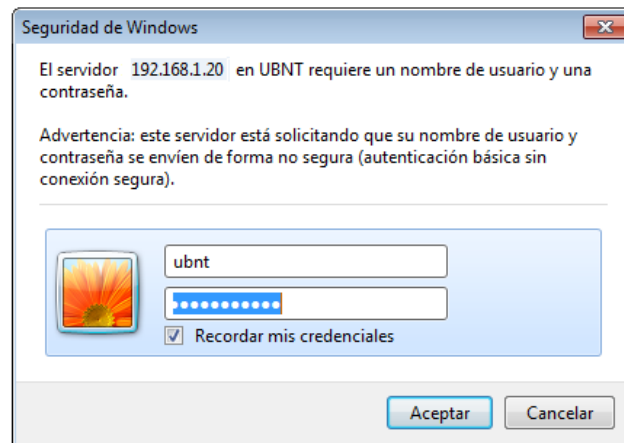


Después de todo esto ya podemos ir a nuestro navegador de internet, en este caso **Internet Explorer** y en la barra de direcciones colocamos la dirección 192.168.1.20 y pulsamos el botón **Enter**.





Nos aparecerá una ventana en el cual ingresamos como usuario ubnt y como contraseña las mismas letras ubnt y pulsamos Aceptar.



Con esto ya podemos entrar a la configuración de nuestra antena.

Main
Link Setup
Network
Advanced
Services
System
PowerStation2 17D

Base Station SSID:

UBNT

AP MAC:

Not Associated

Signal Strength:

dBm

TX Rate:

1 Mbps

RX Rate:

0 Mbps

Frequency:

2462 MHz

Channel:

11

Antenna:

Vertical

Noise Floor:

-96 dBm

Security:

none

ACK Timeout:

48

Transmit CCQ:

0%

QoS Status:

No QoS

Uptime:

00:38:38

Date:

2009-03-13 13:35:36

LAN Cable:

ON

Host Name:

UBNT

LAN MAC:

00:15:6D:D5:C2:26

LAN IP Address:

192.168.1.20

WLAN MAC:

00:15:6D:D4:C2:26

WLAN IP Address:

192.168.1.20

Extra info:

----

Tools:

----

Refresh

LAN STATISTICS

	Bytes	Packets	Errors
Received:	83452	743	0
Transmitted:	53919	205	0

WLAN STATISTICS

	Bytes	Packets	Errors
Received:	0	0	0
Transmitted:	0	0	0

WLAN ERRORS

Rx Invalid NWID:	0	Tx Excessive Retries:	0
Rx Invalid Crypt:	0	Missed Beacons:	0

Como siguiente paso, nos dirigimos a la pestaña **Link Setup** y escogemos en la opción **Código País** a **Ecuador** y en **Potencia de salida** escogemos 26 dBm para tener una mejor salida de señal de nuestra antena.

[Main](#)
[Link Setup](#)
[Network](#)
[Advanced](#)
[Services](#)
[System](#)

---

### CONFIGURACION INALÁMBRICA BÁSICA

**Modo Inalámbrico:** [?] Estación ☐ Clonar MAC  
**ESSID:**  Seleccione...  
**Vincular al MAC AP:**   
**Código País:** Ecuador  
**Modo IEEE 802.11:** B solo  
**Anchura del espectro de canal:** [?] 20MHz Vel. máx. de datos: 11Mbps  
**Cambio de canal:** [?] Habilitado  
**Lista de exploración de canales:** ☐ Habilitado Edición...  
**Potencia de salida:** 26 dBm ☐ Obedecer potencia reglamentaria  
**Velocidad de datos, Mbps:** 11 ☒ Auto

---

### SEGURIDAD INALÁMBRICA

**Seguridad:** Ninguno  
**Tipo de autenticación:** ☒ Abierto ☐ Clave compartida  
**Longitud Clave WEP:** 64 bit **Tipo de Clave:** HEX  
**Clave WEP:**  **Índice Clave:** 1  
**WPA Authentication:** PSK EAP-TTLS MSCHAPV2  
**WPA Clave Pre-Compartidas:**   
**WPA Identity:**   
**WPA User Name:**   
**WPA User Password:**

[Cambiar](#)

## CONFIGURACION ACCES POINT WDS

A continuación se realizará la configuración de las dos antenas NanoStation2 que corresponden a las ubicaciones de los sectores de Montalvo y Olivos ver Figura IV.56.

### Sector de los Olivos

Una vez configurada la antena como lo explicamos en la primera parte del documento, nos dirigimos a **Link Setup** y pulsamos el botón **Seleccione**.

[Main](#)
[Link Setup](#)
[Network](#)
[Advanced](#)
[Services](#)
[System](#)
NanoStation2

---

### CONFIGURACION INALÁMBRICA BÁSICA

**Modo Inalámbrico:** [?] Estación ☐ Clonar MAC  
**ESSID:** UBNT Seleccione...

Aparecerán varios sitios disponibles a nuestra recepción de señal, la que nos interesa es **UBNT MONTALVO**, la seleccionamos y su nombre aparecerá en la opción **SSID**.

Luego aun en la ventana de **Link Setup**, en la opción **Modo Inalámbrico** escogemos **Punto de Acceso WDS**, aquí aparecerán nuevos cuadros de texto los cuales tendremos que llenar con las direcciones MAC de las antenas que deseamos acceder, seguidamente en la opción **Conexiones WDS** agregamos las MAC en nuestro caso **00:15:6D:A9:7F:7E** que pertenece a la antena del sector de la **Merced** y la MAC **00:15:6D:FA:49:09** de la antena del sector de **Montalvo**.

Inmediatamente pulsamos el botón **cambiar** y por último el botón **aplicar** para guardar los cambios.

Main **Link Setup** Network Advanced Services System NanoStation2

La configuración contiene cambios no aplicados. Aplicar estos cambios? **Aplicar** Descartar

### CONFIGURACION INALÁMBRICA BÁSICA

**Modo Inalámbrico:** <sup>[?]</sup> Punto de Acceso WD ☐ Auto

**Conexiones WDS:**

La Merced	00:15:6D:A9:7F:7E
Montalvo	00:15:6D:FA:49:09

**SSID:** UBNT MONTALVO ☐ Esconder SSID

**Código País:** Ecuador

**Modo IEEE 802.11:** B solo

**Anchura del espectro de canal:** <sup>[?]</sup> 20MHz Vel. máx. de datos: 11Mbps

**Cambio de canal:** <sup>[?]</sup> Habilitado

**Canal:** 1 - 2412 MHz

**Potencia de salida:** 26 dBm ☐ Obedecer potencia reglamentaria

**Velocidad de datos, Mbps:** 11 ☒ Auto

### SEGURIDAD INALÁMBRICA

**Seguridad:** Ninguno

**Tipo de autenticación:** ☒ Abierto ☐ Clave compartida

**Longitud Clave WEP:** 64 bit **Tipo de Clave:** HEX

**Clave WEP:**  **Índice Clave:** 1

**WPA Clave Pre-Compartidas:**

**ACL de MAC:** ☐ Habilitado **Política:** Permitir

**Cambiar**

## Sector de los Montalvo

Inicialmente configuramos nuevamente el equipo y nos dirigimos a **Link Setup**, a continuación pulsamos el botón **Seleccione**.

Main **Link Setup** Network Advanced Services System NanoStation2

### CONFIGURACION INALÁMBRICA BÁSICA

**Modo Inalámbrico:** <sup>[?]</sup> Estación ☐ Clonar MAC

**ESSID:** UBNT **Seleccione...**

Aparecerán varios sitios disponibles a nuestra recepción de señal, la que nos interesa en este caso es **UBNT OLIVOS**, la seleccionamos y su nombre aparecerá en la opción **SSID**.

Igualmente en la misma ventana vemos la opción **Modo Inalámbrico** escogemos **Punto de Acceso WDS**, en la opción **Conexiones WDS** agregamos las MAC en nuestro caso **00:15:6D:A9:7F:7E** que pertenece a la antena del sector de la **Merced** y la MAC **00:15:6D:FA:49:0D** de la antena del sector de los **Olivos**.

The screenshot shows the 'Link Setup' tab in the NanoStation2 software. At the top, a yellow status bar indicates 'La configuración contiene cambios no aplicados. Aplicar estos cambios?' with 'Aplicar' and 'Descartar' buttons. The 'CONFIGURACION INALÁMBRICA BÁSICA' section is active. 'Modo Inalámbrico' is set to 'Punto de Acceso WD' with an 'Auto' checkbox. The 'Conexiones WDS' table lists two connections: 'La Merced' with MAC '00:15:6D:A9:7F:7E' and 'Olivos' with MAC '00:15:6D:FA:49:09'. The 'SSID' is 'UBNT OLIVOS' with an 'Esconder SSID' checkbox. Other settings include 'Código País' (Ecuador), 'Modo IEEE 802.11' (B solo), 'Anchura del espectro de canal' (20MHz), 'Cambio de canal' (Habilitado), 'Canal' (1 - 2412 MHz), 'Potencia de salida' (26 dBm), and 'Velocidad de datos, Mbps' (11 Mbps). The 'SEGURIDAD INALÁMBRICA' section shows 'Seguridad' (Ninguno), 'Tipo de autenticación' (Abierto), 'Longitud Clave WEP' (64 bit), 'Clave WEP' (empty), 'WPA Clave Pre-Compartidas' (empty), 'ACL de MAC' (Habilitado), 'Tipo de Clave' (HEX), 'Índice Clave' (1), and 'Política' (Permitir). A 'Cambiar' button is at the bottom.

Conexiones WDS:	MAC
La Merced	00:15:6D:A9:7F:7E
Olivos	00:15:6D:FA:49:09

Modo Inalámbrico:	Punto de Acceso WD	Auto
SSID:	UBNT OLIVOS	Esconder SSID

Seguridad:	Tipo de autenticación:	Longitud Clave WEP:	Clave WEP:	WPA Clave Pre-Compartidas:	ACL de MAC:	Tipo de Clave:	Índice Clave:	Política:
Ninguno	Abierto	64 bit			Habilitado	HEX	1	Permitir

Por último pulsamos el botón cambiar y seguidamente el botón aplicar para guardar los cambios.

## CONFIGURACIÓN COMO ESTACIÓN WDS

### Sector la Merced

Aquí nos dirigimos a la pestaña **Link Setup** y escogemos en la opción **Código País** a **Ecuador** y en **Potencia de salida** escogemos 26 dBm para tener una mejor salida de señal de nuestra antena, inmediatamente pulsamos el botón **Selecciona...** y nos aparecerá otra ventana ver Figura IV.56.

The screenshot shows the AirOS web interface for a NanoStation2. The top navigation bar includes tabs for Main, Link Setup (highlighted), Network, Advanced, Services, and System. The main content area is titled 'CONFIGURACION INALÁMBRICA BÁSICA' and contains the following settings:

- Modo Inalámbrico:** Estación (dropdown), ☐ Clonar MAC
- ESSID:** (text input), **Selecciona...** (button)
- Vincular al MAC AP:** (text input)
- Código País:** Ecuador (dropdown)
- Modo IEEE 802.11:** B solo (dropdown)
- Anchura del espectro de canal:** 20MHz (dropdown), Vel. máx. de datos: 11Mbps
- Cambio de canal:** Habilitado (dropdown)
- Lista de exploración de canales:** ☐ Habilitado, Edición... (button)
- Potencia de salida:** 26 dBm (slider and text input), ☐ Obedecer potencia reglamentaria
- Velocidad de datos, Mbps:** 11 (dropdown), ☒ Auto

The second section is titled 'SEGURIDAD INALÁMBRICA' and contains the following settings:

- Seguridad:** Ninguno (dropdown)
- Tipo de autenticación:** ☒ Abierto, ☐ Clave compartida
- Longitud Clave WEP:** 64 bit (dropdown), **Tipo de Clave:** HEX (dropdown)
- Clave WEP:** (text input), **Índice Clave:** 1 (dropdown)
- WPA Authentication:** PSK (dropdown), EAP-TTLS (dropdown), MSCHAPV2 (dropdown)
- WPA Clave Pre-Compartidas:** (text input)
- WPA Identity:** (text input)
- WPA User Name:** (text input)
- WPA User Password:** (text input)

A 'Cambiar' button is located at the bottom of the page.



En esta ventana seleccionamos el sitio al cual queremos conectarnos, en nuestro caso **UBNT OLIVOS** y luego pulsamos el botón seleccionar, el cual nos regresará a la ventana anterior.

Dirección MAC	ESSID	Cifrado	Señal, dBm	Noise, dBm	Frecuencia, GHz	Canal
00:21:63:DF:DE:DF	Gaby	WPA	-76	-97	2.412	1
00:19:5B:65:B0:2F	Juntas	WPA	-84	-95	2.437	6
00:26:B6:87:7B:DA	RAQUEL	WPA	-94	-97	2.462	11
00:12:0E:52:5B:87	rio.ellinux.net	WPA	-73	-98	2.462	11
00:26:B6:49:B8:BA	Santa Rosa	WPA	-85	-98	2.462	11
00:15:6D:FA:49:09	UBNT OLIVOS	-	-86	-96	2.412	1
00:02:6F:54:67:C7	UNIDEC	WEP	-78	-97	2.422	3
00:15:6D:E2:57:F0	walkiria	-	-91	-98	2.447	8
08:10:74:74:54:F0	wireless_guillo	WEP	-78	-94	2.437	6

Aquí podemos notar en la opción **ESSID** se encuentra el nombre UBNT OLIVOS en el cuadro de texto, para finalizar en la opción **Modo inalámbrico** seleccionamos el modo **Estación WDS**, pulsamos el botón **Cambiar** y seguidamente aparecerá en la parte superior la 2 botones, en nuestro caso solo necesitamos pulsar el botón **Aplicar** y se configurará nuestra NanoStation2 con los últimos cambios realizados.

Main
Link Setup
Network
Advanced
Services
System
NanoStation2

La configuración contiene cambios no aplicados. Aplicar estos cambios?
Aplicar
Descartar

### CONFIGURACION INALÁMBRICA BÁSICA

**Modo Inalámbrico:** Estación WDS
☐ Clonar MAC

**ESSID:** UBNT OLIVOS

**Vincular al MAC AP:**

**Código País:** Ecuador

**Modo IEEE 802.11:** B solo

**Anchura del espectro de canal:** 20MHz
Vel. máx. de datos: 11Mbps

**Cambio de canal:** Habilitado

**Lista de exploración de canales:**
☐ Habilitado

**Potencia de salida:**
 25 dBm
☐ Obedecer potencia reglamentaria

**Velocidad de datos, Mbps:** 11
☒ Auto

### SEGURIDAD INALÁMBRICA

**Seguridad:** Ninguno

**Tipo de autenticación:**
☒ Abierto
☐ Clave compartida

**Longitud Clave WEP:** 64 bit
**Tipo de Clave:** HEX

**Clave WEP:**
**Índice Clave:** 1

**WPA Authentication:**
PSK
EAP-TTLS
MSCHAPV2

**WPA Clave Pre-Compartidas:**

**WPA Identity:**

**WPA User Name:**

**WPA User Password:**



Para confirmar que realmente nos conectamos con el sitio escogido, nos dirigimos a la ventana **MAIN**, aquí podemos observar que en la opción **SSID Estación Base** se encuentra el sitio **UBNT OLIVOS** con su respectiva **MAC AP**, otra característica que se puede observar es la **Fuerza de la señal** que muestra la cantidad de señal del lado del cliente al funcionar en modo de estación, una fuerza de señal de -85 dBm o mejor es recomendable, como podemos ver nuestra señal es de -73 dBm.

The screenshot shows the 'Main' configuration tab of the NanoStation2 software. The interface is divided into two columns of settings. The left column includes fields for SSID Estación Base (UBNT OLIVOS), Fuerza de la señal (indicated by a color bar and -73 dBm), TX Tasa (5.5 Mbps), Frecuencia (2462 MHz), Antena (Externo), Seguridad (Ninguno), CCQ Transmisión (39%), Tiempo en funcionamiento (16:05:47), Cable LAN (ON), LAN MAC (00:15:6D:AA:7F:7E), MAC WLAN (00:15:6D:A9:7F:7E), and Información Adicional (a dropdown menu). The right column includes fields for MAC AP (00:15:6D:FA:49:0D), Tasa RX (11 Mbps), Canal (11), Noise Floor (-98 dBm), Time out (307), Estado QoS (No QoS), Fecha (2009-11-10 02:03:43), Nombre del Host (UBNT), LAN Dirección IP (172.30.131.200), Dirección IP WLAN (172.30.131.200), and Herramientas (a dropdown menu). An 'Actualizar' button is located at the bottom right of the configuration area.

Parameter	Value
SSID Estación Base:	UBNT OLIVOS
MAC AP:	00:15:6D:FA:49:0D
Fuerza de la señal:	-73 dBm
TX Tasa:	5.5 Mbps
Tasa RX :	11 Mbps
Frecuencia:	2462 MHz
Canal:	11
Antena:	Externo
Noise Floor:	-98 dBm
Seguridad:	Ninguno
Time out:	307
CCQ Transmisión:	39%
Estado QoS:	No QoS
Tiempo en funcionamiento:	16:05:47
Fecha:	2009-11-10 02:03:43
Cable LAN:	ON
Nombre del Host:	UBNT
LAN MAC:	00:15:6D:AA:7F:7E
LAN Dirección IP:	172.30.131.200
MAC WLAN:	00:15:6D:A9:7F:7E
Dirección IP WLAN:	172.30.131.200
Información Adicional:	----
Herramientas:	----

Actualizar